



UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS

**PROPUESTA DE UNA PLANTA RECICLADORA DE
NEUMÁTICOS USADOS PARA MINIMIZAR LA
CONTAMINACIÓN AMBIENTAL QUE SE GENERAN EN LA
CIUDAD DE CHICLAYO, 2019.**

PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Autor:

Nejero Tuesta Pablo Arturo

Asesor:

Mg. Betty Esperanza Flores Mino

Línea de Investigación:

Contaminación ambiental

Chiclayo, Perú

2019

**PROPUESTA DE UNA PLANTA RECICLADORA DE NEUMÁTICOS
USADOS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL QUE
SE GENERAN EN LA CIUDAD DE CHICLAYO, 2019.**

FIRMA DEL ASESOR Y JURADO DE TESIS

Mg. Betty Esperanza Flores Mino
ASESOR

Mg. Enrique Santos Nauca Torres
PRESIDENTE

Ing. Jorge Tomás Cumpa Vásquez
SECRETARIO

Mg. Betty Esperanza Flores Mino
VOCAL

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi querida madre, por demostrarme su amor y apoyo incondicional que me permite cumplir una de mis metas.

Pablo Arturo

Agradecimiento

Agradecer a mis docentes por compartir sus conocimientos que motivaron a desarrollarme como persona y profesional, en especial a mi asesor de tesis, principal colaboradora de este proceso, quien con su conocimiento, enseñanza y paciencia permitió el desarrollo de este trabajo.

A todos mis amigos que de alguna manera me apoyaron y se involucraron en el desarrollo de este trabajo.

Pablo Arturo

Resumen

En las últimas décadas el parque automotor ha tenido un crecimiento considerable en la ciudad de Chiclayo, siendo cada vez mayor la cantidad de neumáticos usados que se desechan en los botaderos de una manera descontrolada causando serios problemas al ambiente y la salud pública debido a que no son tratados como corresponde. Bajo esta premisa se propone la implementación de una planta recicladora de neumáticos usados para mitigar la contaminación ambiental, donde se logró georreferenciar las vulcanizadoras existentes en la ciudad de Chiclayo, lo cual permite identificar la cantidad de neumáticos usados que se desechan, por medio de las encuestas se determinó que las vulcanizadoras, formales representan un 60% mientras que las informales un 40%, también se determinó que la cantidad de neumáticos que se desechan en la ciudad de Chiclayo es de 264 unidades/día lo cual nos permitió calcular la capacidad de la planta recicladora de neumáticos usados con capacidad de 1.91 Ton/Día, con la planta recicladora se lograra reducir considerablemente la contaminación por neumáticos fuera de uso.

Palabras clave: Neumáticos usados, planta recicladora, contaminación ambiental, vulcanizadoras.

Abstract

In recent decades the automotive park has had considerable growth in the city of Chiclayo, increasing the number of used tyres that are disposed of in the dumps in an uncontrolled way causing serious problems to the environment and public health because they are not treated properly. Under this premise, it is proposed to implement a tyre recycling plant used to mitigate environmental pollution, where the existing vulcanizers in the city of Chiclayo were georeferenced, which allows to identify the amount of used tyres that are discarded, through the surveys it was determined that the vulcanizers, formal represent 60% while the informal ones 40%, it is also determined that the amount of tyres that are discarded in the city of Chiclayo is 264 units / day which allowed us to calculate the capacity of the used tyre recycling plant with a capacity of 1.9 Ton/Day, with the recycling plant will significantly reduce pollution by out-of-use tyres.

Key words: Used tyres, recycling plant, environmental pollution, vulcanizers.

Índice

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT.....	VI
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico.....	4
2.1. Antecedentes bibliográficos:.....	4
2.2. Bases teóricas:.....	7
2.2.1. Contaminación por neumáticos.....	7
2.2.2. Planta recicladora.....	8
2.2.3. Características y composición de los neumáticos.....	10
2.2.4. Máquinas y equipos para la producción de (GCR).....	13
2.2.5. Proceso de producción de grano de (GCR).....	22
2.2.6. Aplicación del grano de caucho reciclado (GCR).....	24
2.2.7. Marco legal.....	27
2.3. Definición de términos básicos:.....	29
2.4. Hipótesis (sólo para investigaciones cuantitativas):.....	30
III. Materiales y métodos.....	31
3.1. Variables y operacionalización:.....	31
3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación.....	32
3.2.1. Tipo de estudio, descriptivo y propositivo.....	32
3.2.2. Diseño de investigación, no experimental.....	32
3.3. Población y muestra en estudio.....	32
3.3.1. Población.....	32
3.3.2. Muestra.....	33
3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35

3.5.	Procesamiento de datos y análisis estadístico.	35
IV.	Resultados	36
4.1.	Georreferenciar las vulcanizadoras que existen en la ciudad de Chiclayo. 36	
4.2.	Determinar las vulcanizadoras formales e informales que se encuentran en la ciudad de Chiclayo.	37
4.3.	Determinar la cantidad de neumáticos que se desechan en la ciudad de Chiclayo.	38
4.4.	Elaborar la propuesta de la planta recicladora de NFU en la ciudad de Chiclayo.	41
V.	Discusión.....	46
VI.	Conclusiones	47
VII.	Recomendaciones	48
VIII.	Referencias bibliográficas	49
IX.	Anexos.....	52

Índice de tablas

Tabla 1 Producto final de los NFU - grano de caucho reciclado GCR	10
Tabla 2 Material de composición de los neumáticos	10
Tabla 3 Composición química de los neumáticos	11
Tabla 4 Normas vinculadas con la gestión de residuos sólidos	27
Tabla 5 Operacionalización de variables.....	31
Tabla 6 Vulcanizadoras georreferenciadas en la ciudad de Chiclayo.	36
Tabla 7 ¿La vulcanizadora es formal?.....	37
Tabla 8 ¿con qué frecuencia cambia sus neumáticos? (meses).....	38
Tabla 9. Conductores que cambian sus neumáticos cada 17 meses en promedio.	39
Tabla 10. Presupuesto para la planta recicladora de Neumáticos Fuera de Uso.	44
Tabla 11. Cronograma general para la ejecución de la planta recicladora de Neumáticos Fuera de Uso.....	45

Índice de figuras

Figura 1. Prensa granuladora de matriz plana	8
Figura 2. Diseño de una planta recicladora de NFU	9
Figura 3. Estructura del neumático.....	12
Figura 4. Destalonador	14
Figura 5. Triturador de 4 ejes	15
Figura 6. Triturador de 2 ejes	16
Figura 7. Triturador de 2 ejes	17
Figura 8. Cinta transportadora.....	18
Figura 9. Separador magnético.....	19
Figura 10. Separador ciclónico.....	20
Figura 11. Granulador	21
Figura 12. Tamizadora centrífuga	22
Figura 13. Porcentaje sobre las vulcanizadoras formales e informales en la ciudad de Chiclayo, 2019.....	37
Figura 14. Porcentaje sobre los conductores con qué frecuencia cambia sus neumáticos, en la ciudad de Chiclayo, 2019.	38
Figura 15. Ubicación de la planta.....	42
Figura 16. Plano de ilustración de planta.	43

I. Introducción

La globalización ha provocado que en las últimas décadas el parque automotor aumente de una manera considerable, siendo cada vez mayor la cantidad de los neumáticos fuera de uso (NFU) que se generan a nivel mundial. Siendo arrojados en botaderos de manera descontrolada causando serios daños al medio ambiente y la salud pública, de esta manera en entre el año 2015 y 2016 en Estados Unidos y España 660.000 toneladas fueron almacenadas en vertederos de basura. Correspondiendo un riesgo del deterioro del ambiente y la salud si no son tratados como corresponde, cuando no se reciclan los reumáticos constituyen un probable foco de infección lugares de anidamiento de plagas, con las lluvias se forman pozas artificiales en su interior, generándose lugares ideales para la proliferación del mosquito *Aedes aegypti* que es el principal vector del dengue, solo por nombrar a estos países como reflejo de cifras mundiales. (Eco Green, 2018)

En Latinoamérica, el inadecuado manejo de los neumáticos fuera de uso (NFU) constituye desde hacía varios años un problema para la calidad ambiental a su vez riesgos para la salud de las personas. Los países en Latinoamérica Argentina, Colombia y Chile son los que cuentan con algún tipo de reglamentación específica para el tratamiento de los NFU, lo que les permite enfrentar esta problemática de manera más integral y eficiente. Eliminando estos residuos y dándoles una nueva utilidad a los productos obtenidos del reciclaje de NFU. (Magallanes y Guillén, 2015).

El Perú en la actualidad vive una situación problemática causada por el manejo inadecuado de los NFU debido a que no dispone de un instrumento legal específico para la gestión de residuos sólidos especiales como son los NFU, por ello básicamente su tratamiento se rige por el decreto legislativo 1278. Según el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA, 2016) hasta el año 2016 en el Perú había 44.79 (Un. x 1000 hab.) Vehículos por cada mil habitantes. Sin embargo, en el departamento de Lambayeque data de 53.72 (Un. x 1000 hab.) Vehículos por cada mil habitantes.

Si bien es cierto en el Perú no se maneja datos precisos de cuantos neumáticos se desechan en los botaderos o calles mucho menos en el departamento y la ciudad de Chiclayo pero se obtienen datos de SINIA que reúne información confiable del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MINAM) y el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) a través de estos datos nos podemos determinar la cantidad del parque automotor para tener referencia de cuantos neumáticos se desechan en el Perú y el departamento.

Así mismo debido a que el estado peruano no cuenta con instrumentos legales específicos para el tratamiento de los neumáticos se deben promover leyes que favorezcan en manejo de los NFU, donde el estado implemente instrumentos legales y se dispongan de tecnología apropiada para garantizar la eliminación de los NFU sin perjuicio al ambiente.

¿A través de la propuesta de una planta recicladora de neumáticos usados se podrá minimizar la contaminación ambiental que se generan en la ciudad de Chiclayo - 2019?

El objetivo principal de este trabajo de investigación es Proponer un diseño de una planta recicladora de neumáticos usados para mitigar la contaminación ambiental que se generan en la ciudad de Chiclayo, 2019. Con la finalidad de reaprovechar los neumáticos fuera de uso del cual se obtendrán beneficios.

En la ciudad de Chiclayo no existe un marco normativo que regula el manejo inadecuado de los neumáticos fuera de uso, así mismo tampoco existe la tecnología suficiente para el reaprovechamiento de los mismos, para dar solución a esta problemática surge la propuesta de la planta recicladora de neumáticos fuera de uso en la ciudad de Chiclayo

También se puede mencionar los objetivos específicos del proyecto.

Se georreferencio las vulcanizadoras que existen en la ciudad de Chiclayo, se determinó las vulcanizadoras formales e informales que se encuentran en la ciudad de Chiclayo, se determinó la cantidad de neumáticos que se desechan en la ciudad de Chiclayo, se elaboró la propuesta de la planta recicladora de NFU en la ciudad de Chiclayo.

El crecimiento población del parque automotor en las grandes ciudades ha generado el aumento masivo de neumáticos fuera de uso, debido a que los mismos están compuestos por 65% de caucho, 15% de acero y 20% de fibra textil, los cuales son susceptibles para transformarlos y reincorporarlos a nuevos procesos productivos de reciclaje, en este sentido se plantea el proyecto de investigación, propuesta de una planta recicladora de neumáticos usados, en la ciudad de Chiclayo, 2019.

Teniendo como justificación económica que dicha propuesta de la planta recicladora de neumáticos fuera de uso, se generará empleos directos e indirectos a través de la contratación de personal calificado de la población Chiclayana mejorando económicamente su calidad de vida.

Esta investigación permitirá mitigar el problema ambiental de la salud pública que generan los neumáticos fuera de uso, en la ciudad de Chiclayo, se genera aproximadamente 1.91 Ton, Correspondiendo un riesgo del deterioro ambiental, un foco de plagas, con las lluvias se forman pozas artificiales en su interior, generándose lugares ideales para la proliferación del mosquito *Aedes aegypti* que es el principal vector del dengue, (Eco Green, 2018).

Se busca informar a las autoridades y la población chiclayana acerca de la contaminación por neumáticos fuera de uso buscando generar una nueva cultura que busque proteger el ambiente que nos rodea.

Para lograr la prevención, fiscalización y control del manejo inadecuado de los neumáticos fuera de uso se busca que, en las vulcanizadoras, talleres mecánicos y consumidores de neumáticos, no desechen el producto al finalizar su ciclo de vida útil a las calles de la ciudad, si no que sean recolectadas para lograr devolverle al producto un valor económico mediante instrumentos legales en la ciudad de Chiclayo.

II. Marco teórico

2.1. Antecedentes bibliográficos:

Antecedentes internacionales:

Mesa y Patarroyo (2016), en su trabajo de grado titulado “Plan de negocio dirigido a la recuperación de neumáticos usados y comercialización de grano de caucho reciclado (GCR) en la ciudad de Bogotá.”, el objetivo se quiere alcanzar mediante la generación de alianzas con el Gobierno Nacional y las Alcaldías. La reutilización de las llantas usadas como materia prima en el sector de la construcción, como, por ejemplo, para la producción de pavimento asfáltico fundamentada en el reconocido éxito de su aplicación en países como Canadá, Estados Unidos y España, entre otros, es un avance tecnológico, cultural y ambiental que beneficia al país y toda la sociedad, el proyecto busca resolver en gran medida la problemática que es el abandono de neumáticos fuera de uso las cuales intervienen en los espacios públicos y afecta el medio ambiente y a la sociedad en general. La idea de negocio planteada consiste en la creación de una empresa que se dedique a la transformación de las llantas que son recolectadas, para su posterior comercialización y venta como materia prima principalmente para el sector de la construcción.

Rodríguez (2017), en su tesis previa a la obtención del grado de ingeniero titulada “estudio de factibilidad para la creación de una empresa procesadora y comercializadora de caucho reciclado styrene - butadiene rubber en la provincia de Loja.”, utilizando para ello diferentes estudios propuestos de objetivos específicos tales como: Estudio de mercado, administrativo, técnico, financiero, y una evaluación financiera, Al realizar el estudio de mercado se determinó la población a estudiar y aplicándose un censo dirigido a los demandantes y oferentes se obtuvo información que ayudo a establecer puntos clave tales como : la demanda potencial, real, y efectiva, demanda proyectada e insatisfecha, consumo promedio, el marketing mix el cual muestra cómo se estableció el precio de venta al público en base a la competencia, el costo de producción y el margen de utilidad.

Díaz y Castro (2017), en su monografía de grado titulada “Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá.”, con el objetivo de Revisar el estado del arte sobre la implementación del Grano de Caucho Reciclado en las mezclas asfálticas. este documento sintetiza diferentes investigaciones a nivel internacional donde se demuestra que la implementación del GCR en los pavimentos es una alternativa para solucionar problemas

de tipo mecánico en los pavimentos y mitigar impactos ambientales que genera el mal manejo de las llantas deshechas. La adición de GCR para la modificación de las mezclas asfálticas, se traduce en una gran cantidad de beneficios, debido a las investigaciones que se han avanzado en los últimos años, han demostrado que este tipo de modificaciones son más durables con respecto a las convencionales, económicas a largo plazo pues se disminuyen los mantenimientos y aumenta su durabilidad, además contribuyen a la reducción de impactos negativos para el medio ambiente como lo son, la quema indiscriminada de las llantas desechadas dando paso a las emisiones de CO₂, entre otros.

Sánchez (2016), en su tesis previa a la obtención del grado de ingeniero titulada “Estudio de capacidad de producción de la línea de caucho en la planta de industrias diversas de la empresa PLASTICAUCHO S.A.”, con el objetivo de analizar las capacidades se establece este trabajo presenta los resultados obtenidos en el desarrollo de asfaltos modificados con polvo de caucho proveniente de neumáticos fuera de uso de vehículos de Este artículo presenta una revisión bibliográfica acerca de las principales tendencias en la utilización del caucho reciclado, incluyendo aplicaciones actualmente comercializadas y otras derivadas, tanto de estudios terminados, como de líneas de investigación en desarrollo. Las aplicaciones con mayor potencial de volumen consumido son del sector infraestructura y construcciones civiles, especialmente asfaltos, concretos y materiales aislantes para construcción liviana. Algunas aplicaciones con potencial en el futuro cercano son los filtros para la limpieza de aguas contaminadas y como componente en materiales compuestos con matriz termoplástica o en poliuretano. Por último, se evidencia la pertinencia de continuar investigando sobre esta temática que posee unos retos científicos de alta relevancia, los cuales ameritan la mayor atención por el problema ambiental significativo asociado al manejo de los residuos de caucho.

Antecedentes nacionales:

Fernández (2016), en su tesis previa a la obtención del grado de ingeniero titulada “Análisis del comportamiento físico - mecánico de una mezcla asfáltica en caliente modificada con GCR (grano de caucho reciclado) a partir de neumáticos en desuso, Cusco 2016.”, la presente tesis tiene como objetivo analizar el comportamiento físico-mecánico de una Mezcla Asfáltica en caliente modificada con GCR a partir de NFU. Para la realización del estudio, fue necesario comparar la Mezcla Asfáltica en Caliente Patrón (MACP), y la Mezcla Asfáltica en Caliente Modificada (MACM) con GCR a partir de NFU con el fin de

conocer las propiedades físico-mecánicas de este diseño. Una vez hecha la corroboración de los resultados de calidad de los componentes según el “Manual de Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras” EG-2013, del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, llegamos a la conclusión que el análisis comparativo de Precios Unitarios de Producción de ambos tipos de Diseño de Mezcla Asfáltica en estudio. La presente tesis, es pues, un gran avance para la Ingeniería de Pavimentos en el Perú, así como para la reducción del impacto ambiental que generan las los NFU. Un gran aporte como proyecto eco-amigable, de rentabilidad considerable y aplicación conveniente en la tecnología del Diseño y Producción de Mezclas Asfálticas en Caliente.

Cáceres (2016), en su tesis previa a la obtención del grado de ingeniero titulada “Propuesta técnica-económica de mini planta recicladora de neumáticos en desuso para minimizar los gases contaminantes en la ciudad de Cajamarca 2016.”, la presente tesis tiene como objetivo Proponer técnica y económicamente una mini planta recicladora de neumáticos en desuso para minimizar los gases contaminantes por la quema de neumáticos en la ciudad de Cajamarca. Debido a que en los últimos años ha crecido la cantidad de vehículos lo ha causado grandes problemas ambientales el mismo que aumenta descontroladamente, esto sucede con los neumáticos en desuso y la manera en la que son desechados, acarreando serios daños al medio ambiente, generando un impacto ambiental negativo. Para la propuesta técnica-económica de mini planta recicladora de neumáticos en desuso para minimizar los gases contaminantes, lo primero que hicimos fue determinar la capacidad de producción, saber cuántas toneladas puede trabajar por día. Para ello realizaremos una encuesta en la ciudad de Cajamarca donde habrá preguntas claves como por ejemplo que tipo de neumático usa, cada que tiempo los cambia, que hace con los neumáticos cambiados; Con las encuestas realizadas, los datos que conseguimos de diferentes empresas, comparamos y procesamos la información obteniendo una capacidad de 0.19 Tn/día de la mini planta recicladora. Así también realice los cálculos para determinar el tipo de maquinaria a utilizar como: trituradora, faja transportadora y separador magnético; se realizó la evaluación económica para saber si la mini planta recicladora es rentable, el cual dio como resultado que si es rentable ya que se obtuvo un valor anual positivo con una tasa de retorno por encima del costo de oportunidad. Se determinó la cantidad de neumáticos que contaminan el medio ambiente, pero con la mini planta recicladora se lograra reducir considerablemente la contaminación.

2.2. Bases teóricas:

2.2.1. Contaminación por neumáticos

Hablar de contaminación por neumáticos es hablar de la disposición final de los NFU luego de su vida útil, debido a que estos pueden terminar arrojados en los botaderos o siendo quemados al aire libre, lo cual afecta directa o indirectamente a la salud de las personas y al aire, agua y suelo.

Contaminación del aire

Como se conoce la problemática del reciclaje de NFU no se toma importancia en nuestro país ya que arrojarlos a desamparos y quemarlos al aire libre no son ningún delito, como se citó en Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 2011) los incendios de neumáticos al aire libre emiten humo negro, dióxido de carbono. Compuestos orgánicos volátiles y contaminantes peligrosos, como hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas, furanos, ácido clorhídrico, benceno, bifenilos policlorados, arsénico, cadmio, níquel, zinc, mercurio, cromo y vanadio. Que contribuye al efecto invernadero y afectan a la salud de las personas.

Contaminación del agua

Debido a que los neumáticos no son biodegradables y su composición química conduce a lixiviación de toxinas al suelo de esta manera llegan a las aguas subterráneas o las corrientes cercanas. Otros componentes de los neumáticos usados por la combustión al aire libre o botaderos emiten zinc, cadmio y plomo, también pueden ser arrastrados por el agua. También pueden estar presentes contaminantes como arsénico, benceno, mercurio, cobre, dioxinas, bifenilos policlorados e hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Contaminación del suelo

Otro de los grandes problemas son los residuos que quedan en el suelo después de un incendio, estos con el agua de la lluvia pueden causar también la contaminación inmediata del suelo como resultado de los productos líquidos de la descomposición que penetran en el suelo, el lixiviado de cenizas y otros residuos puede producirse mediante dos procesos conocidos como lavado (pequeñas partículas que se agrupan y son traídas por la lluvia) y arrastre producido por la lluvia (partículas más grandes directamente afectadas por la lluvia). Ambas son causadas fundamentalmente por las lluvias y la penetración del agua en el suelo.

2.2.2. Planta recicladora

Los neumáticos fuera de uso constan de caucho, fibras textiles, acero y aditivos que ofrecen un alto potencial de reciclaje. La recuperación de estos residuos peligrosos depende de la disponibilidad y la evolución de los precios de las materias primas, las disposiciones legales, como por ejemplo la prohibición del vertido en los botaderos y la quema de NFU en el distrito de Chiclayo, contribuyen al reciclaje de los neumáticos en el sentido de la protección de los recursos. Para la recuperación material, se trituran y granulan los NFU.

Una planta recicladora de neumáticos fuera de uso consiste en la granulación, se separan las fibras textiles y el acero del caucho y se obtienen gránulos de caucho en la forma y la granulometría deseada. (Kahl, 2019)

Desde la recepción de la materia prima hasta el embalaje de los productos acabados, la máquina principal de la planta es la prensa granuladora de matriz plana, (ver Figura 1) se emplea en la planta para el reciclaje de NFU como máquina trituradora según el principio de rodillos. Este sistema consta de una línea de trituración previa para los neumáticos, así como una línea granuladora constando de una o varias prensas granuladoras (dependiendo del rendimiento requerido) que son conectadas en paralelo. En estas prensas los chips pretriturados son desmenuzados continuamente y los componentes de caucho, acero y textiles son separados en la línea de separación posterior.



Figura 1. Prensa granuladora de matriz plana

Fuente: extraído de RETEMA (2016).

Nota: La prensa granuladora de matriz plana se emplea en la planta para el reciclaje de NFU como máquina trituradora según el principio de rodillos.

Con la ayuda de los elementos de granulación, como rodillos y matriz, se ejerce una combinación de presión empuje produciendo un efecto cizallador y cortador sobre el producto a procesar. El resultado es la separación deseada del caucho, de las fibras textiles y del acero de los NFU.

El diseño estándar de la planta se basa en 4 etapas de proceso (ver *Figura 2*) siendo el acondicionamiento de los NFU (70 % neumáticos de coches y 30 % neumáticos de camión) diseñado para una cantidad de entrada de 2,5 t/h. Si se opera la planta en tres turnos, se procesan aproximadamente 15.000 t/a.

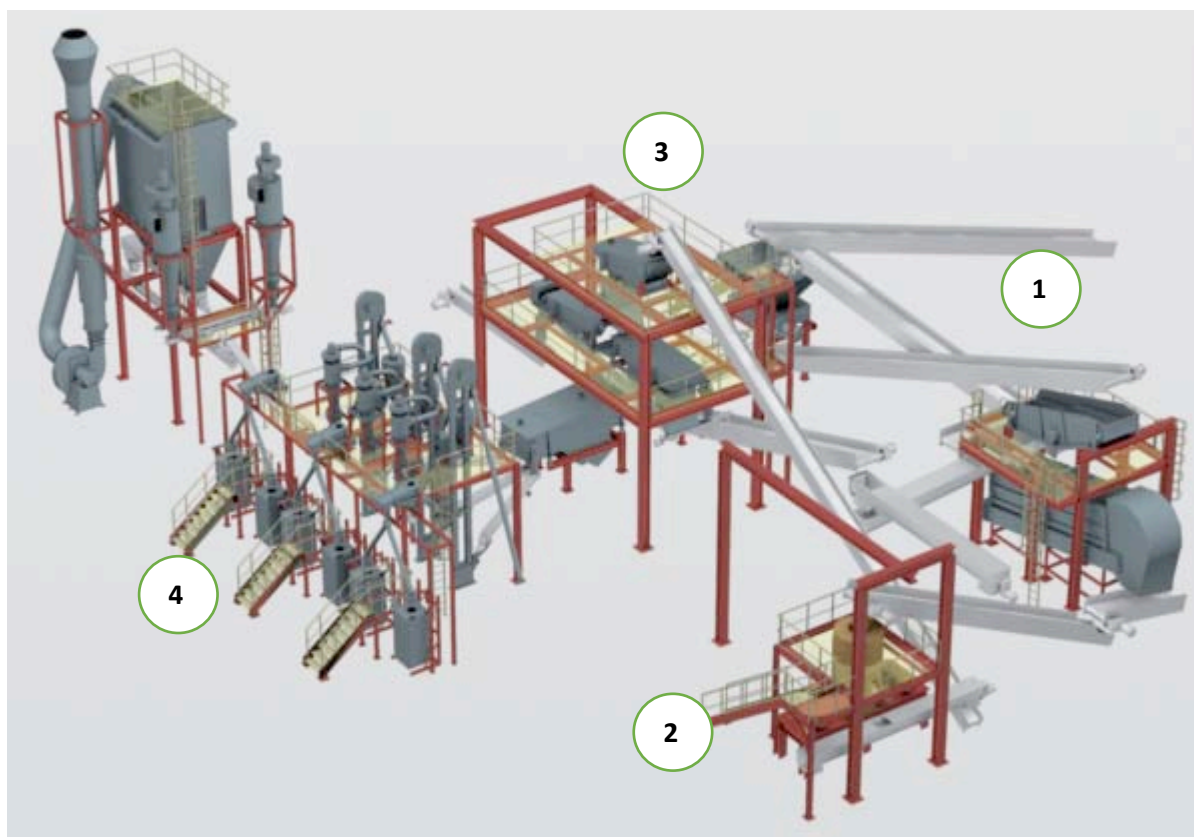


Figura 2. Diseño de una planta recicladora de NFU

Fuente: extraído de KAHL, (2018).

Nota: **1)** Trituración previa de los NFU para producir tiras o chips (aprox. 50 x 50 mm), **2)** Granulación con la prensa granuladora de matriz plana / el molino granulador para triturar los chips para el tratamiento posterior. **3)** Separación férrea y clasificación en diferentes fracciones de caucho (p. ej. 0,2 hasta 0,8 mm, 0,8 hasta 2 mm, 2 hasta 4 mm). **4)** Limpieza de los granulos para separar los materiales compuestos de fibras textiles y caucho.

Los grupos de proceso individuales y/o los componentes de la planta están diseñados como sistema modular. De este modo se pueden modificar y ampliar los grupos de máquinas en función del rendimiento y de las exigencias a la calidad de los productos acabados (tamaño de los granulos, pureza, etc.). se obtienen las siguientes fracciones como productos finales:

Tabla 1

Producto final de los NFU - grano de caucho reciclado GCR

Porcentaje (%)	Producto y contenido	Grado de pureza
35%	Arena plástica < 2 mm	98%
	Contenido de acero	1%
	Contenidos de textiles	1%
15%	Arena plástica 2 - 4 mm	98.5%
	Contenido de acero	0.5%
	Contenidos de textiles	1%
15%	Arena plástica 4 - 8 mm	99%
	Contenido de acero	0.5%
	Contenidos de textiles	0.5%
15%	Acero de NFU	99%
	Contenidos de caucho	1%
20%	Fibra textil de NFU	99%
	Contenidos de acero	1%

Fuente: extraído de KAHL, (2018).

Nota: Fracciones de los productos finales (tamaño y pureza del GCR).

2.2.3. Características y composición de los neumáticos

Los neumáticos están compuestos por varios materiales entre los que se encuentran caucho natural, caucho sintético, negro de humo, acero, rellenos y antioxidantes.

Tabla 2

Material de composición de los neumáticos

	Composición (%)	
	Automóviles	Camiones
Caucho Natural	14	27
Caucho Sintético	27	14
Negro de Humo	28	28
Acero	14	15
Antioxidantes y Rellenos	17	16

Fuente: extraído de Castro, (2008).

Nota: Composición general de los neumáticos.

Del mismo modo, la composición química del neumático variará según el destino que se le vaya a dar, pero se estiman las cantidades que se muestran en esta tabla:

Tabla 3
Composición química de los neumáticos

Elemento/Compuesto	Contenido	Unidad
C (carbono)	70	%
Fe (hierro)	16	%
H (hidrógeno)	7	%
O (oxígeno)	4	%
Óxido de Zinc	1	%
S (azufre)	1	%
N ₂ (nitrógeno)	0.5	%
Ácido esteárico	0.3	%
Halógenos	0.1	%
Ligandos cupríferos	200	mg/Kg
Cd (cadmio)	10	mg/Kg
Cr (cromo)	90	mg/Kg
Ni (níquel)	80	mg/Kg
Pb (plomo)	50	mg/Kg

Fuente: extraído de Castro, (2008).

Nota: Se agregan, estos componentes para mejorar las propiedades de los neumáticos.

Los neumáticos tienen una estructura muy elaborada y cada una de sus partes tiene que cumplir una función específica, lo que se traduce en una gran complejidad de los materiales que lo componen, a continuación, se muestra las partes de un neumático. (MICHELIN, 2018)

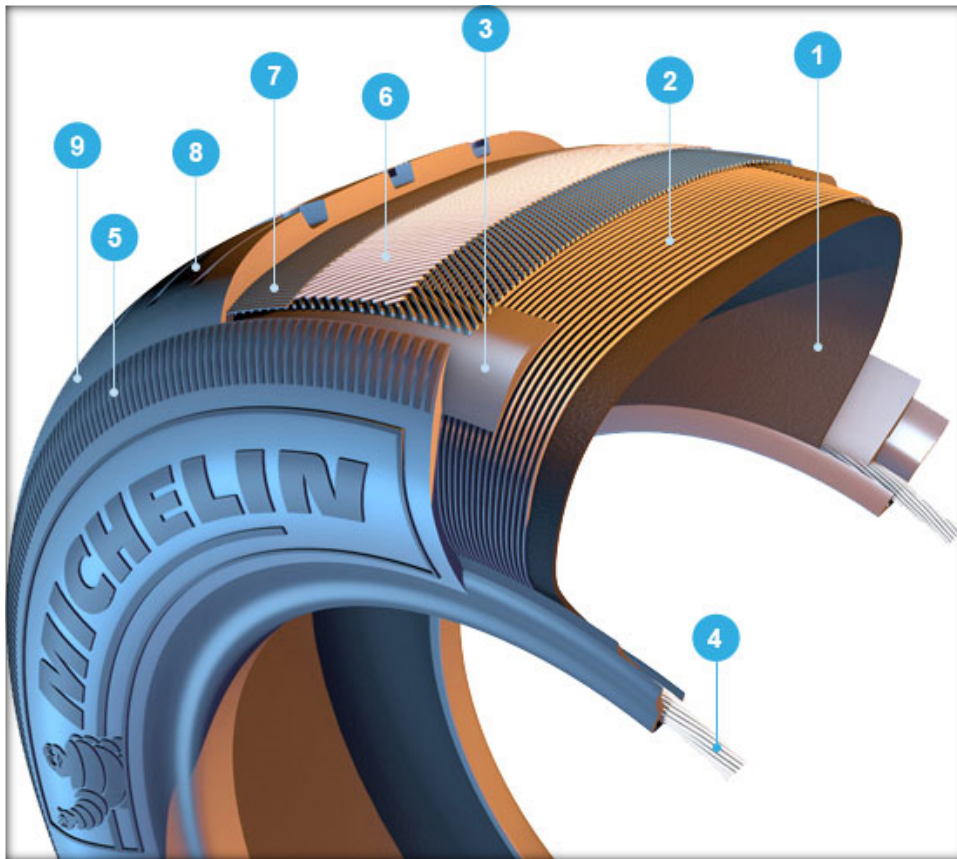


Figura 3. Estructura del neumático

Fuente: extraído de MICHELIN, (2018).

Nota: El neumático es la única parte del automóvil que toca la carretera por lo que deben encontrar un equilibrio entre tracción, comodidad, durabilidad, eficiencia energética y costo total.

MICHELIN, (2018).

1) Forro interno: una capa de goma sintética hermética (es el equivalente moderno al tubo interno).

2) Capa de la carcasa: la capa que hay sobre el forro interno, hecho de cables de fibra textil, amalgamada en la goma. Estos cables determinan en gran medida la resistencia del neumático y le ayudan a resistir la presión. Los neumáticos estándar contienen cerca de 1.400 cables, y cada uno puede resistir una fuerza de 15 kg.

3) Área de talón inferior: es allí donde el neumático de goma se adhiere al aro de metal. La potencia del motor y del frenado se transmite desde el aro al neumático por medio del área de contacto con la superficie de la calle.

4) Talones: se ajustan con firmeza en contra del aro del neumático para garantizar un calce hermético y mantener el neumático ubicado correctamente en el aro. Cada cable puede resistir una carga de hasta 1.800 kg sin comprometer el frenado. Existen ocho en el auto, dos

por neumático. Equivalen a un total de 14.400 kg de fuerza de resistencia. Un auto promedio pesa cerca de 1.500 kg.

5) Flanco: protege el costado del neumático contra impactos con las curvas y con la calle. Hay detalles importantes acerca del neumático escritos en el flanco, como el ancho del neumático y el índice de velocidad.

6) Capa de la cubierta: determina en gran medida la resistencia del neumático. Está hecha de cables de acero muy finos y resistentes, amalgamados con la goma. Esto significa que el neumático puede resistir la tensión de los giros, y no se expande debido a la rotación del neumático. Es además lo suficientemente flexible para absorber las deformaciones causadas por lomos de burro, pozos, y otros obstáculos de la calle.

7) Capa de tapa: esta importante capa de seguridad reduce la fricción causada por el calor y ayuda a mantener la forma del neumático cuando se maneja a alta velocidad. Para evitar el estiramiento centrífugo del neumático, se utilizan cables reforzados a base de nailon incrustados en una capa de la goma y alrededor de la circunferencia del neumático.

8) Pliegues de corona: ofrecen una base rígida para la banda de rodamiento.

9) Banda de rodamiento: ofrece tracción y adherencia al doblar para el neumático, y está diseñada para resistir el desgaste, la abrasión y el calor.

2.2.4. Máquinas y equipos para la producción de (GCR)

Se describen los diferentes equipos que forman parte del proceso productivo de NFU para la producción de grano de caucho reciclado.

Destalonador

Esta máquina se utiliza para quitar el alambre de acero de los laterales interiores del neumático los cuales, si no son extraídos pueden comprometer seriamente la eficiencia de las operaciones siguientes, debido a la dureza de los alambres de acero. El destalonador se compone principalmente de motor, gancho, placa de retención con agujero cruzado, estructura, cilindro hidráulico, unidad de potencia hidráulica, palanca de operación. Kasmaq, (2019).

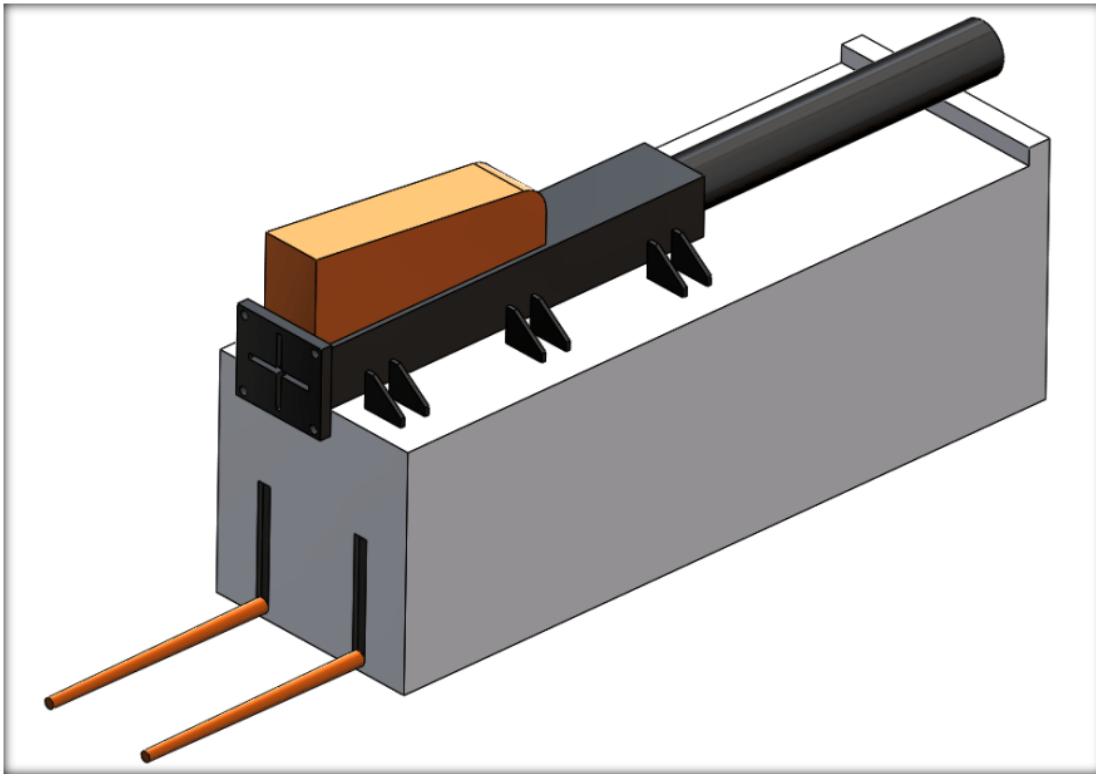


Figura 4. Destalonador

Fuente: extraído de KASMAQ, (2018).

Nota: La función principal de la destalonadora es quitar el alambre de acero de los laterales del neumático.

Características técnicas del Destalonador

- Diámetro del neumático: ≤ 1200
- Motor eléctrico: (7.5 kW) / 75 V
- Capacidad (NFU/h): 20-50
- Peso (kg): 500
- Dimensiones(mm): 3700x910x1550

Laguillo, (2016)

Triturador primario

La máquina encargada de realizar el primer triturado de los neumáticos enteros al inicio del proceso de reciclado, sea cual sea su tamaño inicial, es una potente y robusta trituradora de 4 ejes y está formada por cuatro partes principales que son: la tolva, las cuchillas, los motores y la estructura base.



Figura 5. Triturador de 4 ejes
Fuente: extraído de Laguillo, (2016).

Características técnicas Triturador primario

- Peso total del conjunto: 12.250 kg
- Abertura de la tolva: 1.400 x 1.500 mm
- Superficie de montaje total: 4.500 x 3.000 mm
- Altura total: 3.600 mm
- Motores eléctricos: 4 x 55 kW (220 kW) / 400 V / 50 Hz
- Sentidos de giro de cada eje: sentido contrapuesto 2 a 2 (asíncrono)
- Rendimiento (neumáticos de camión/coche): hasta 6 ton/h
- Cuchillas de acero especial a prueba de desgaste
- Bastidor y estructura en construcción atornillada de acero perfilado
- Tolva en construcción robusta de chapa de acero
- Tamaño aproximado de los trozos de neumático: 300x300 mm

Triturador secundario

La segunda etapa de reducción del tamaño inicial de los neumáticos tiene lugar en una trituradora de 2 ejes. Está formada por cuatro partes principales que son: la tolva, las cuchillas, los motores y la estructura portante.



Figura 6. Triturador de 2 ejes
Fuente: extraído de Laguillo, (2016).

Características técnicas de Triturador secundario

- Peso total del conjunto: 9.500 kg
- Abertura de la tolva: 1.400 x 1.500 mm
- Superficie de montaje total: 4.150 x 2.800 mm
- Altura total: 3.400 mm
- Motores eléctricos: 2 x 55 kW (110 kW) / 400 V / 50 Hz
- Sentidos de giro de cada eje: sentido contrapuesto (asíncrono)
- Rendimiento (neumáticos de camión/coche): hasta 4 ton/h
- Cuchillas de acero especial a prueba de desgaste
- Bastidor y estructura en construcción atornillada de acero perfilado
- Tolva en construcción robusta de chapa de acero
- Tamaño aproximado de los trozos de neumático: 50x50 mm

Triturador terciario

La última fase del triturado de los trozos de neumático se produce en una trituradora de 2 ejes equipada con rejilla para realizar un control parcial del tamaño del material de salida. Está formada por cinco partes principales que son: la tolva, las cuchillas, los motores, la estructura portante y la rejilla.



Figura 7. Triturador de 2 ejes
Fuente: extraído de Laguillo, (2016).

Características técnicas Triturador terciario

- Peso total del conjunto: 6.500 kg
- Abertura de la tolva: 1.100 x 900 mm
- Superficie de montaje total: 3.900 x 2.800 mm
- Altura total: 3.000 mm
- Motores eléctricos: 2 x 20 kW (40 kW) / 400 V / 50 Hz
- Sentidos de giro de cada eje: sentido contrapuesto (asíncrono)
- Rendimiento (neumáticos de camión/coche): hasta 2 ton/h
- Cuchillas de acero especial a prueba de desgaste
- Bastidor y estructura en construcción atornillada de acero perfilado
- Tolva en construcción robusta de chapa de acero
- Rejilla de acero galvanizado de tamaño 25x25 mm

Cinta transportadora

El sistema modular que compone el proceso productivo de tratamiento de los neumáticos está conectado a través de una serie de cintas transportadoras, encargadas de llevar el material de una máquina a otra para avanzar en el proceso, de recircular aquello que no cumple con las condiciones necesarias, y de extraer de la línea de producción los diferentes productos finales que se obtienen.



Figura 8. Cinta transportadora
Fuente: extraído de Laguillo, (2016).

Características técnicas de Cinta transportadora

- Cinta de caucho lisa resistente al aceite y a la grasa
- Mecanismo de arrastradores, perfiles longitudinales y rodillos
- Armazón de hierro perfilado de 100x60 mm soldado
- Caja y laterales en acero perfilado de 2 mm de grosor y altura lateral 150 mm
- Accionamiento eléctrico: 3 kW / 400 V / 50 Hz
- Ancho de la cinta: 1.000 mm
- Velocidad de la cinta: 0.4 metros/segundo
- Resbaladeros de evacuación de chapa de acero fino

Separador magnético

La eliminación de las partículas de acero que se encuentran en la composición inicial de los neumáticos se realiza mediante un separador magnético, que atrapa este material y lo extrae de la línea de producción para almacenarlo como producto final.

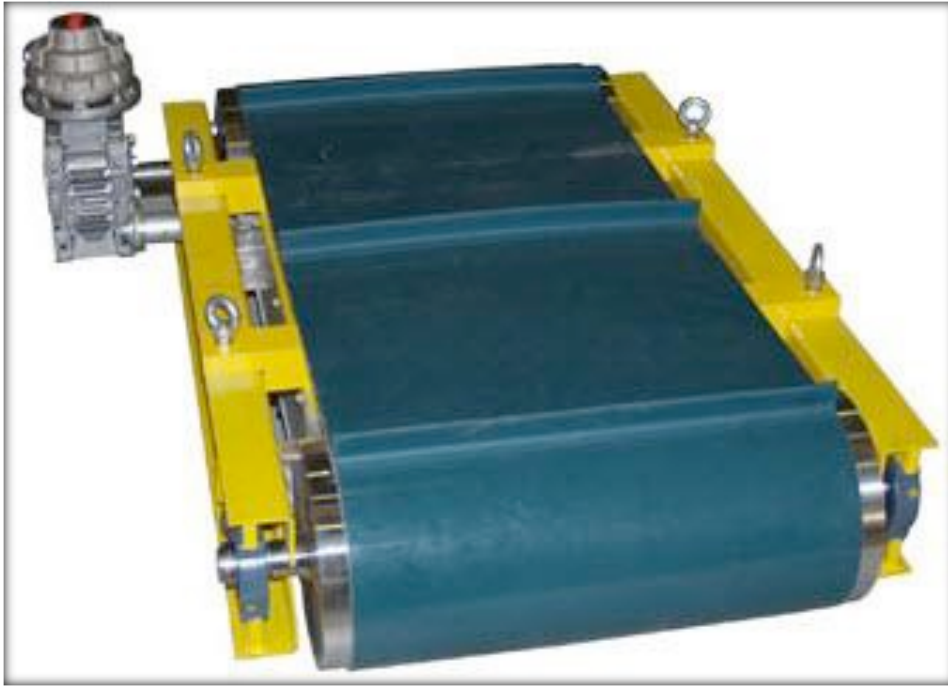


Figura 9. Separador magnético
Fuente: extraído de Laguillo, (2016).

Características técnicas de Separador magnético

- Potencia motriz: 1.5 kW
- Longitud del imán: 1.000 mm situado en la parte superior e inferior
- Ancho del imán: 450 mm
- Altura de levantamiento: 200 mm (ajustable en altura)
- Armazón en construcción robusta soldada de acero perfilado

Separador ciclónico

Para retirar los restos de materiales textiles que forman parte de la composición inicial de un neumático, se emplea durante el proceso un separador ciclónico, que extrae las fibras textiles de la línea de producción para almacenarlo como producto final.



Figura 10. Separador ciclónico
Fuente: extraído de Laguillo, (2016).

Características técnicas Separador ciclónico

- Servicio de aspiración: 4.000 m³/h
- Soplador de impulsión: 8 kW / 400 V / 50 Hz
- Equipado con silenciador, filtro de aspiración y canal vibratorio
- Plataforma de mantenimiento y escalera en construcción de acero
- Codos de 250 mm de diámetro nominal para salida de textil.

Granulador

El proceso de refinado de los trozos de neumático para convertirlos en grana se realiza en el granulador, que produce una fricción mediante sus discos rotatorios para reducir el tamaño.

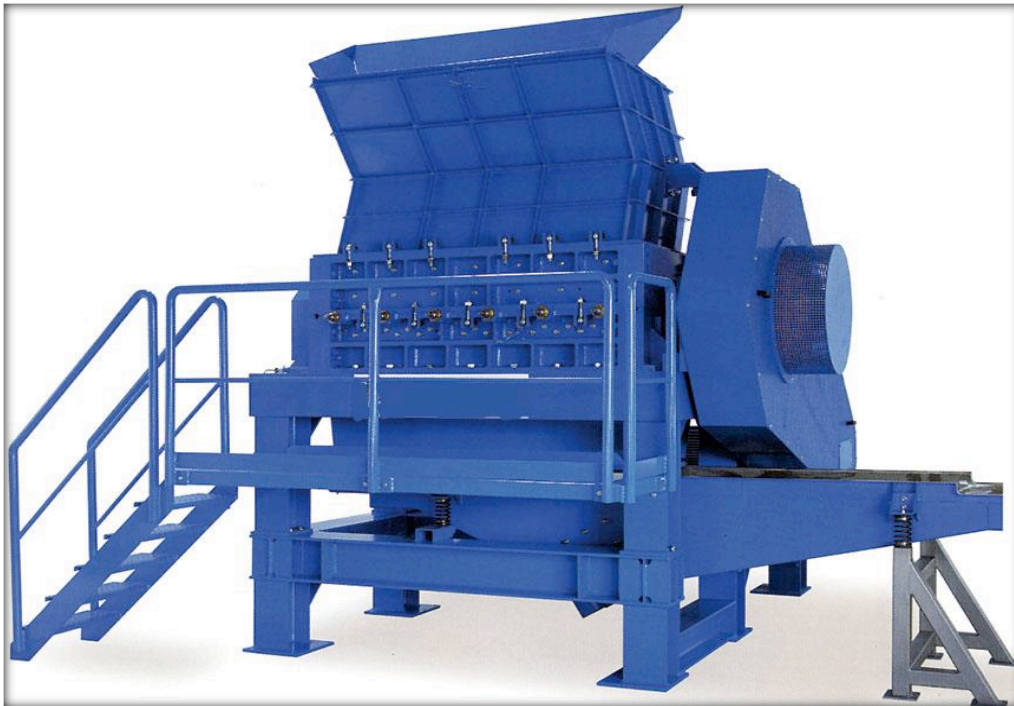


Figura 11. Granulador
Fuente: extraído de Laguillo, (2016).

Características técnicas del Granulador

- Peso total del conjunto: 9.600 kg
- Espacio de instalación: 3.520 mm x 2.350 mm
- Altura total: 3.000 mm
- Construcción soldada de acero perfilado
- Potencia: 90 kW
- Apertura del mecanismo de corte: 1.186 x 800 mm
- Diámetro del rotor: 500 mm
- Revoluciones del rotor: 280 rpm
- Cantidad de discos estatores: 4
- Cantidad de discos del rotor: 24 (variable según criba)
- Rendimiento variable según la perforación de la criba: 3-4 ton/h

Tamizadora

La última etapa del proceso de refinado donde se selecciona solamente el producto reciclado que tenga la granulometría adecuada, se realiza en una tamizadora. Mediante movimientos centrífugos y la posibilidad de intercambiar las redes de tamizado de esta máquina, se obtienen el caucho en su disposición final.



Figura 12. Tamizadora centrífuga
Fuente: extraído de Laguillo, (2016).

Características técnicas de Tamizadora

- Dimensiones del conjunto: longitud 2.100 mm / altura 630 mm / anchura 1100 mm
- Apertura de la tolva de admisión: 250 x 250 mm
- Diámetro de la tolva de salida: 300 mm
- Peso total: 2.600 kg
- Accionamiento eléctrico: 10 kW / 400 V / 50 Hz
- Velocidad de giro: 750 rpm
- Redes de tamizado (según granulometría requerida): hasta < 1 mm
- Separador circular de acero inoxidable
- Estructura portante de acero perfilado

2.2.5. Proceso de producción de grano de (GCR)

En el proceso de transformación de los neumáticos fuera de uso se someten a diferentes etapas la cual está constituida principalmente por trituradoras y granuladores, resultando como producto final de este proceso el grano de caucho reciclado (GCR) siendo la arena plástica la cual constituye la materia prima principal para la pavimentación de las pistas, rellenos de césped artificial, pistas de atletismo, etc.

Almacenamiento de NFU

Los neumáticos almacenados se clasifican y los que pasan al siguiente proceso previamente serán desinfectados con agua a presión, para evitar alterar los equipos en los siguientes procesos.

Destalonado

Los neumáticos fuera de uso provenientes del almacenamiento pasan a la destalonadora la cuales utiliza un gancho para quitar el alambre de acero de los laterales del neumático. Se compone principalmente de motor, gancho, placa de retención con agujero cruzado, estructura, cilindro hidráulico, unidad de potencia hidráulica, palanca de operación.

Etapa de triturado múltiple

Una primera máquina trituradora, mediante un potente sistema de 4 ejes con cuchillas contra-rotantes dejando trozos de aproximadamente 300x300 mm.

A través de un sistema de cintas transportadoras, estos trozos entran en el interior de la nave para seguir el proceso, y llegan a una segunda máquina trituradora de doble eje y sentidos de rotación contrarios, para reducir los trozos de neumático hasta un tamaño aproximado de 50x50 mm. De nuevo mediante cinta transportadora se conduce hasta una tercera y última máquina trituradora, esta vez equipada con un sistema de criba. Empleando las cuchillas reduce el tamaño de los trozos de neumático hasta un tamaño de 25x25 mm. Esta máquina realiza un cribado para evitar el paso al siguiente punto del proceso de tamaños a los especificados; si no han alcanzado el tamaño requerido, son recirculados al sistema de cuchillas.

Separación magnética

Los fragmentos troceados de los neumáticos llegan a través de la cinta transportadora al separador magnético. Esta máquina consta de potentes imanes permanentes que atrapan los materiales metálicos (acero), que forman parte de la composición de los neumáticos, al pasar por debajo de esta, de manera que los extrae y los envía a los contenedores destinados para este tipo de producto final, el acero. Se trata de una fase de gran importancia, ya que este material puede dañar el resto de la maquinaria si no se retira completamente y continúa en el proceso.

Separación de fibras textiles

A continuación, utilizando un separador ciclónico, se recogen los restos textiles que formaban parte del producto. Las fibras textiles se extraen de la línea de producción y se envían a los contenedores destinados para este tipo de producto terminado.

Granulación

En este punto del ciclo de trabajo, el caucho ya se encuentra sin presencia de acero ni fibras textiles, y puede iniciar el proceso de refinación. La siguiente etapa se realiza en el granulador. Esta máquina emplea una serie de discos rotatorios en sentido inverso, que con la acción de embrague entre ellos reducen el grano hasta las dimensiones deseadas. En función de lo que se requiera, se pueden agregar o quitar discos.

Tamizado

Cuando el material “en polvo” sale del granulador, se lleva con la cinta transportadora hasta la última etapa de refinado, el tamizado. La tamizadora selecciona el producto final según el rango dimensional que se desea obtener, intercambiando las redes de tamizado. Si la grana de neumático aún no alcanza el tamaño deseado, es enviada de nuevo al molino granulador.

Envasado del (GCR)

Cuando el producto disponible ya tiene el tamaño adecuado después del proceso de tratamiento, se procede a envasarlo. En big-bags, el producto que se envasa en big-bags pueden ser de 500 o 1.000 Kg.

Además del caucho, en el proceso de reciclado de la planta se obtiene acero y restos de fibras textiles. Estos productos finales serán almacenados en contenedores. A continuación, se muestra un diagrama del proceso productivo que se desarrolla en las instalaciones de la planta de tratamiento de neumáticos fuera de uso. Ver (anexo N° 1)

2.2.6. Aplicación del grano de caucho reciclado (GCR)

El grano de caucho reciclado (GCR) obtenido de la trituración de los neumáticos fuera de uso (NFU) tiene múltiples usos a nivel industrial. a continuación, se describirán las aplicaciones que se han desarrollado para su uso.

Aislamiento acústico

Las barreras o pantallas acústicas son una solución que cada vez adquiere más importancia, sobre todo en los núcleos urbanos, ya que permiten reducir los ruidos externos emitidos por fuentes principales. El granulado de NFU posee gran capacidad de absorción de vibraciones y una gran resistencia a los agentes atmosféricos, por lo que se utiliza en la fabricación de láminas de aislamiento acústico.

Rellenos de césped artificial

La utilización de grano de caucho reciclado en campos de hierba artificial es una de las aplicaciones más desarrolladas en la actualidad. Permite la instalación de este tipo de complejos ya que reduce considerablemente el consumo de agua. Hay dos vías para la utilización de este material en la construcción de campos artificiales, ya que puede formar parte de la base elástica situada entre la base asfáltica y la moqueta; o bien como material de relleno en la capa más superficial, ofreciendo mayor confort y seguridad durante el juego. Dependiendo del uso variará el tamaño de granulado empleado.

Pavimentos de seguridad

Para la construcción del suelo en parques infantiles, guarderías o residencias de ancianos, se emplea el granulado como pavimento de seguridad, ya que evita posibles lesiones ante caídas, al ser un pavimento elástico. Suelen presentarse en forma de baldosas prefabricadas, pero también se realizan in situ.

Fabricación de piezas de caucho

En la actualidad hay una gran cantidad de piezas de goma que utilizan caucho en su formulación como carga de refuerzo en las mezclas empleadas o en la fabricación de piezas completas con este material, es un modo de reciclaje aplicable en muchos productos. Una de estas aplicaciones que ya lleva tiempo realizándose es la fabricación de suelas de calzado a partir de polvo o granulado de neumático, otorgando una gran durabilidad al producto final.

Obras de tierra y terraplenes

Los neumáticos al final de su vida útil troceados se pueden emplear como material ligero en rellenos y construcción de terraplenes. Las ventajas de esta aplicación son que se da salida a una gran cantidad de este residuo, se mejora la permeabilidad y que presentan una gran resistencia por ser un material no biodegradable. También se utilizan los neumáticos triturados en el relleno de trasdós de muros, ya que absorben el esfuerzo de compactación del

relleno sin generar grandes cargas de empuje sobre el muro; como ventaja adicional, incrementa el drenaje de las aguas de escorrentía.

Pavimentos deportivos y pistas multiuso

El grano de caucho reciclado procedente de los neumáticos usados son materia prima básica en la composición de revestimientos sintéticos empleados en la construcción de pistas de atletismo, pistas de tenis, etc. Teniendo las características más importantes que deben cumplir este tipo de superficies para la práctica de deportes; elasticidad, resistencia al deslizamiento y durabilidad. Los pavimentos y pistas fabricadas con grano de caucho procedentes de neumáticos al final de su vida útil, han ido apareciendo en el mercado ya que, además de ser más económicos, garantizan la estabilidad de los deportistas y absorben la energía de los impactos, evitando lesiones en sus caídas.

Mezclas bituminosas para carreteras

El uso del polvo de caucho procedente de los NFUs está siendo fomentado por las Administraciones Públicas para su uso en la creación de mezclas bituminosas y dar así salida a una gran cantidad de este producto reciclado. Este tipo de compuesto que incluye el polvo de neumático en su composición, mejora considerablemente las propiedades y las prestaciones del asfalto, reduciendo el agrietamiento de las carreteras, alargando la vida en servicio, disminuyendo el nivel sonoro por rodadura y mejorando la adherencia de los vehículos al asfalto. Se trata entonces de un procedimiento ecológico y eficaz, que además supone una reducción en los costes de construcción y mantenimiento de estas infraestructuras.

Valorización energética

La valorización energética es en la actualidad una de las aplicaciones a las que más se destinan los neumáticos al final de su vida útil. El alto poder calorífico (7.500 Kcal/kg aproximadamente), superior incluso al del carbón, les convierte en un buen combustible para instalaciones industriales de grandes consumos energéticos; lo más común es el uso en la industria cementera, aunque también se emplea en la industria del ladrillo, papel, acerías, y en centrales de producción de vapor y energía eléctrica. Este proceso supone una alternativa a los combustibles fósiles, limitando su consumo y favoreciendo en la lucha contra el cambio climático y el calentamiento global. El bajo contenido en azufre supone una reducción de las emisiones de SO_x (óxidos de azufre) respecto a los combustibles convencionales. Las emisiones de CO₂ computables también disminuyen debido al origen renovable del

contenido de caucho natural del neumático. Además de aportar energía, el uso de NFU en la industria cementera aporta también la fracción metálica (acero) que sustituye una parte de los componentes minerales necesarios para la obtención de Clinker (cemento bruto).

2.2.7. Marco legal

En la actualidad el Perú no dispone de un marco normativo específico que regule la problemática de los neumáticos fuera de uso, por tal motivo es necesario que esta problemática sea atendida por las entidades responsables como: Ministerio del Ambiente, Ministerio de Salud, autoridades regionales, locales y otros con la finalidad de resolver esta problemática, en relación a esto el Perú cuenta con normas relacionadas como: ley general del ambiente 28611, ley de gestión integral de residuos sólidos 1278, entre otros que se describen a continuación.

Tabla 4
Normas vinculadas con la gestión de residuos sólidos

NORMA	DESCRIPCIÓN
<p><u>Política nacional del ambiente</u></p> <p>Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM</p> <p>23 de mayo de 2009</p>	<p>La Política Nacional del Ambiente se presenta a la ciudadanía en cumplimiento del mandato establecido en el artículo 67° de la Constitución Política del Perú y en concordancia con la legislación que norma las políticas públicas ambientales. Esta política es uno de los principales instrumentos de gestión para el logro del desarrollo sostenible en el país y ha sido elaborada tomando en cuenta la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, los Objetivos del Milenio formulados por la Organización de las Naciones Unidas y los demás tratados y declaraciones internacionales suscritos por el Estado Peruano en materia ambiental. (MINAM, 2009)</p>
<p><u>Ley 26842</u></p> <p>Ley General de Salud</p>	<p>En esta norma en el capítulo viii - de la protección del ambiente para la salud, artículo 104 señala que toda</p>

20 de julio de 2000	persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente. (MINSA, 2000)
<u>Ley 28611</u> Ley general del ambiente 15 de octubre de 2005	Mediante esta norma en el Artículo V, se establecen los principios básicos de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida. (MINAM, 2005)
<u>Decreto Legislativo N° 1278</u> Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. 21 de diciembre de 2017	El presente dispositivo normativo tiene como objetivo asegurar a maximización constante de la eficiencia en el uso de materiales, y regular la gestión y manejo de residuos sólidos, que comprende la minimización de la generación de residuos sólidos en la fuente, la valorización material y energética de los residuos sólidos, la adecuada disposición final de los mismos y la sostenibilidad de los servicios de limpieza pública. (MINAM, 2017)

Fuente: Elaboración Propia.

2.3. Definición de términos básicos:

Según (MINAM, 2012)

Reaprovechamiento

En la gestión de los residuos sólidos, el reaprovechamiento está referido al proceso por el cual se obtiene un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye un residuo sólido. Son técnicas de reaprovechamiento: el reciclaje, la recuperación y la reutilización.

Reutilización

Técnica de reaprovechamiento de residuos sólidos referida a volver a utilizar el bien, artículo o elemento que constituye el residuo sólido para que cumpla el mismo fin para el que fue originalmente elaborado; permitiéndose de esa manera la minimización de la generación de residuos.

Reciclaje

Técnica de reaprovechamiento de residuos sólidos consistente en realizar un proceso de transformación de los residuos para cumplir con su fin inicial u otros fines a efectos de obtener materias primas, permitiendo la minimización en la generación de residuos.

Recuperación

Técnica de reaprovechamiento de residuos sólidos referida a volver a utilizar partes de sustancias o componentes que constituyen residuo sólido.

Neumático Fuera de Uso (NFU)

Toda llanta que ha finalizado su vida útil y se ha convertido en residuo sólido y potencial de materia prima para el reciclaje-NFU. (Cardona, 2016)

Aprovechamiento de NFU

Es la recuperación y transformación de las llantas, con el objeto de descomponerlas en sus principales componentes para incorporarlas nuevamente en los procesos productivos mediante métodos como el reciclaje. (Cardona, 2016)

Granulo de Caucho Reciclado (GCR)

Este proceso consiste en la trituración de la llanta separando sus diferentes componentes como el caucho, el acero y las fibras textiles. El caucho es triturado en varias fases hasta obtener un grano de caucho de diferentes tamaños. (Cardona, 2016)

Arena Plástica

Material obtenido del reciclaje mecánico de las llantas. Posee diferentes aplicaciones dependiendo de su diámetro. (Cardona y Sanchez, 2011)

Caucho

Sustancia natural o sintética que se caracteriza por su elasticidad, repelencia al agua y resistencia eléctrica. El caucho sintético se prepara a partir de reacciones químicas, conocidas como condensación o polimerización, a partir de determinados hidrocarburos insaturados. (Ramírez, 2012)

2.4. Hipótesis (sólo para investigaciones cuantitativas):

Con la propuesta de la planta recicladora de neumáticos usados entonces se podrá mitigar la contaminación ambiental que se generan en la ciudad de Chiclayo, 2019.

III. Materiales y métodos

3.1. Variables y operacionalización:

Variable Independiente

Planta recicladora de neumáticos usados.

Variable Dependiente

Contaminación ambiental.

Tabla 5
Operacionalización de variables

VARIABLES	TIPOS	CONCEPTOS	INDICADORES	TÉCNICA
Contaminación ambiental	Dependiente	Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente. (MINAM, 2012)	Indicadores ambientales son los NFU en las calles de la población Chiclayana.	Encuesta Observación
Planta recicladora de neumáticos usados	Independiente	Emison como se citó en (Cáceres, 2016) menciona que una planta recicladora de neumáticos usados es donde se trituran y separan el hierro y fibras de nilón que permiten su utilización en plantas fabricación de pavimentos sintéticos o de aglomerados asfálticos, o convertido en energía eléctrica en instalaciones de pirolisis	Tipos de neumáticos que se reciclarán	Encuesta

Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación.

3.2.1. Tipo de estudio

La presente investigación se enmarca bajo la metodología descriptiva, propositiva de acuerdo con Bernal, (2006) En el libro Metodología de la Investigación 2° edición *“Este tipo de investigación se muestran, narran, reseñan o identifican hecho, situaciones, rasgos, características de un objeto de estudio, o se diseñan, productos modelos, prototipos, guías, etcétera. Pero no se dan explicaciones o razones del porqué de las situaciones, lo hechos, los fenómenos, etcétera.”* Teniendo como objetivo investigar la incidencia de las incidencias o niveles de una o más variables en la población. El proceso consiste en colocar en una o diversas variables a un conjunto de personas u otros seres vivos, situaciones, objetos, fenómenos, comunidades y contextos; y así otorgar su descripción.

El procedimiento para el desarrollo de esta investigación consiste en recopilar información a través de encuestas las cuales nos permitirán reunir datos para una propuesta de una planta recicladora de neumáticos usados para minimizar la contaminación ambiental que se generan en la ciudad de Chiclayo, 2019.

3.2.2. Diseño de investigación

El tipo de estudio es no experimental. En una investigación no experimental no se genera ninguna circunstancia, sino que se observan condiciones ya reales, no inducidas intencionalmente en la investigación por quien la realiza. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, no se existe control directo sobre dichas variables ni se puede influir sobre ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos (Hernández, Fernández y Baptista, 2004).

3.3. Población y muestra en estudio.

De acuerdo con Bernal, (2010), población es el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir también como el conjunto de todas las unidades de muestreo.

3.3.1. Población

En este proyecto la población está constituida por las vulcanizadoras, que los datos fueron recolectadas por el autor a través de recorridos por toda la ciudad, para la población vehicular de la ciudad de Chiclayo hasta el año 2016 en el departamento de Lambayeque se contaba con 53.72 vehículos por cada mil habitantes, los cuales proyectadas con el Método

Geométrico al 2019 se cuenta con 54.53 vehículos por cada mil habitantes, SINIA como se citó en la Superintendencia Nacional de los Registros Públicos (SUNARP). Ver (anexo N° 02) para las poblaciones proyectadas al 2019.

3.3.2. Muestra

Para el realizar el cálculo del tamaño de la muestra de estudio se utilizó la fórmula para calcular la muestra en estudios descriptivos – tipo cuantitativo, debido a que la variable principal es de tipo cuantitativo, la cual se tomará a 96 conductores del parque automotor y 15 vulcanizadoras de la ciudad de Chiclayo. Ver (anexo N° 04) para el cálculo de la muestra.

La variabilidad del parámetro que se desea estudiar hay que conocer, cómo se presenta en la población la variable que se quiere estudiar. Como se trata de una variable cuantitativa, cuál es la desviación estándar (S) con que se presenta en la población. Estos datos se pueden obtener de tres formas: 1) de estudios reportados en revistas, con una población parecida o similar a la que queremos estudiar; 2) con un estudio piloto de 25 sujetos, o 3) en el caso de variables cuantitativas se determina la diferencia entre el máximo y el mínimo valor esperable, se divide entre cuatro y, por lo tanto, se tiene una cierta aproximación al valor de la desviación estándar. Aguilar y Barojas, (2005). Se aplica la siguiente fórmula para una población finita cuando se conoce el total de unidades de observación que la integran:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot S^2}{d^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot S^2}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

Z: Valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal.

Llamado también nivel de confianza.

S: Varianza de la población en estudio (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto)

d: Nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

TAMAÑO DE MUESTRA

Debido a que mi población no es infinita utilizo la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot S^2}{d^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot S^2}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

Z: Valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal.
Llamado también nivel de confianza.

S: Varianza de la población en estudio (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto)

d: Nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

Muestra para la población de vulcanizadoras

n:	15
N:	15
Z:	1.96
s:	0.25
d:	0.05

$$n = \frac{33,653 \cdot 1.96^2 \cdot 0.25^2}{0.05^2 \cdot (33,653 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.25^2}$$

De nuestra población que son 15 vulcanizadoras en la ciudad de Chiclayo, se aplicará la encuesta a 15 vulcanizadoras que será el tamaño de muestra.

Muestra para la población vehicular

n:	96
N:	33653
Z:	1.96
s:	0.25
d:	0.05

$$n = \frac{33,653 \cdot 1.96^2 \cdot 0.25^2}{0.05^2 \cdot (33,653 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.25^2}$$

De nuestra población que son 33653 vehículos en la ciudad de Chiclayo en el 2019, se aplicará la encuesta a 96 conductores que será el tamaño de muestra.

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La recolección de información en las vulcanizadoras y choferes, sobre aspectos generales, conocimiento ambiental y conocimiento técnico legal. Realizadas mediante técnicas de encuestas. Por tal motivo para llevar a cabo el desarrollo del presente proyecto se utiliza como técnica la observación directa para la recopilación de información, en cuanto a instrumentos de recolección de datos se utilizó el GPS Map 64s – Garmin, Ver (anexo N° 04) para georreferenciar las vulcanizadoras que existen en la ciudad de Chiclayo y las encuestas dirigidas a los conductores que conforman el parque automotor y las vulcanizadoras previamente georreferenciadas de la ciudad de Chiclayo, con el objetivo de determinar las vulcanizadoras formales e informales, la cantidad de neumáticos que se desechan, la cantidad de neumáticos que con llevan a una contaminación ambiental al ser desechados inapropiadamente y así tener como resultado la capacidad de la planta recicladora de neumáticos usados en la ciudad de Chiclayo. Ver (anexo N° 06)

3.5. Procesamiento de datos y análisis estadístico.

Para el plan de procesamiento para análisis de datos obtenidos en el campo se utilizó software ArcGIS_10.5 para la elaboración de mapas con las vulcanizadoras formales e informales georreferenciadas de la ciudad de Chiclayo, así mismo recurrí al programa Excel se tabulo los datos obtenidos de las encuestas al programa Excel para calcular los porcentajes de cada categoría de respuesta, a través de las hojas de cálculo; también elaboramos tablas de distribución de frecuencias para la exhibición de los resultados de cada pregunta de las encuestas. verificando la viabilidad de la planta recicladora de neumáticos.

Debido a la falta de interés de las personas en el reciclaje de los neumáticos que ya no utilizan, se creyó conveniente proponer una planta recicladora de neumáticos usados para poder reutilizar la materia que lo compone, se analizará el tamaño adecuado del triturado de los neumáticos de acuerdo al uso que se le dará.

Teniendo en cuenta la reutilización de los materiales que componen el neumático y los usos que estos tienen en la actualidad esperamos dar solución al problema del desecho de neumáticos ya que muchos de los neumáticos en la ciudad de Chiclayo son acumulados en talleres donde se realiza el cambio del neumático o reencauche.

IV. Resultados

4.1. Georreferenciar las vulcanizadoras que existen en la ciudad de Chiclayo.

Tabla 6

Vulcanizadoras georreferenciadas en la ciudad de Chiclayo.

Nombre	Coordenadas UTM wgs84		Descripción
	Coordenadas X	Coordenadas Y	
Vulcanizadora 1	628263.1	9252352.5	Punto
Vulcanizadora 2	628252.0	9252354.3	Punto
Vulcanizadora 3	628222.9	9252356.2	Punto
Vulcanizadora 4	628121.9	9252353.5	Punto
Vulcanizadora 5	628127.5	9252372.6	Punto
Vulcanizadora 6	627707.7	9252385.3	Punto
Vulcanizadora 7	627029.4	9252832.5	Punto
Vulcanizadora 8	627038.1	9252922.7	Punto
Vulcanizadora 9	627016.3	9253019.2	Punto
Vulcanizadora 10	628031.9	9247993.3	Punto
Vulcanizadora 11	629250.6	9248122.7	Punto
Vulcanizadora 12	629092.2	9248893.8	Punto
Vulcanizadora 13	629083.0	9248934.2	Punto
Vulcanizadora 14	629056.4	9249071.3	Punto
Vulcanizadora 15	628643.2	9248483.4	Punto

Fuente: Elaboración Propia.

Para georreferenciar las vulcanizadoras en la ciudad de Chiclayo se utilizó el GPS Map 64s – Garmin, en el plan de procesamiento para análisis de datos obtenidos en el campo se utilizó software ArcGIS_10.5 para la elaboración de mapas con las vulcanizadoras formales e informales georreferenciadas de la ciudad de Chiclayo. Ver (anexo N° 10)

4.2. Determinar las vulcanizadoras formales e informales que se encuentran en la ciudad de Chiclayo.

Tabla 7

¿La vulcanizadora es formal?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	9	60	60	60
	No	6	40	40	100
	Total	15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.

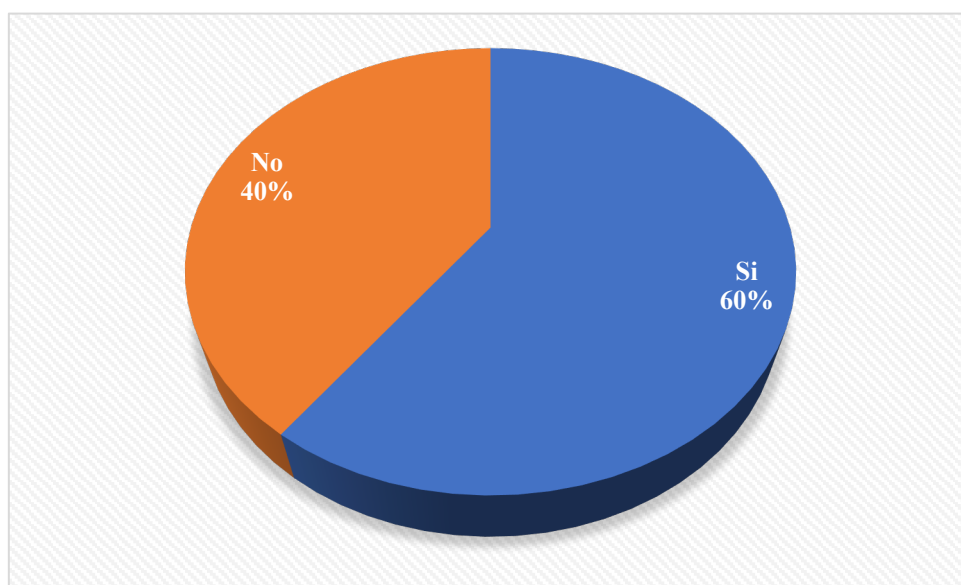


Figura 13. Porcentaje sobre las vulcanizadoras formales e informales en la ciudad de Chiclayo, 2019.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la tabla 7 y la figura 13, encuesta realizada en las vulcanizadoras de la ciudad de Chiclayo el 2019, el 60% son vulcanizadoras formales, mientras que un 40% no son vulcanizadoras formales, siendo un total de 15 encuestados.

4.3. Determinar la cantidad de neumáticos que se desechan en la ciudad de Chiclayo.

Tabla 8

¿con qué frecuencia cambia sus neumáticos? (meses).

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	0 - 8	12	12	12	12
	9 - 16	47	49	49	61
	17 - 24	29	30	30	91
	> 24	9	9	9	100
Total		96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.

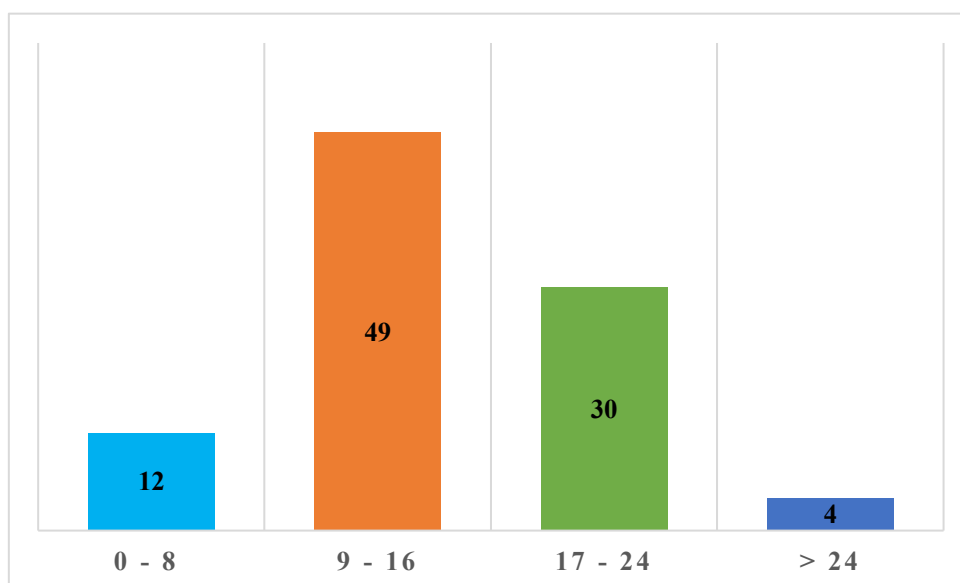


Figura 14. Porcentaje sobre los conductores con qué frecuencia cambia sus neumáticos, en la ciudad de Chiclayo, 2019.

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 8 y la figura 14, se registró que, entre los conductores en la ciudad de Chiclayo, un 12% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 0 a 8 meses, 49% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 9 a 16 meses, 30% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 17 a 24 meses, y un 4% cambian sus neumáticos mayor a 24 meses.

Tabla 9.

Conductores que cambian sus neumáticos cada 17 meses en promedio.

Nº de encuestas	Frecuencia	Meses	Porcentaje			
1	0 - 8	7	13	49		15
2		8		50		16
3		6		51		16
4		7		52		16
5		8		53		16
6		7		54		15
7		8		55		15
8		6		56		14
9	9 - 16	6	48	57		16
10		8		58		16
11		7		59		22
12		8		60		24
13		16		61		23
14		15		62		19
15		16		63		21
16		13		64		24
17		14		65		24
18		16		66		20
19		14		67		18
20		16		68		21
21		16		69		19
22		15		70		24
23		14		71		23
24		16		72		19
25	17 - 24	13	30	73		24
26		15		74		18
27		16		75		23
28		14		76		23
29		13		77		22
30		15		78		21
31		15		79		18
32		14		80		19
33		13		81		22
34		16		82		23
35		15		83		24
36		14		84		24
37	> 24	14	9	85		18
38		16		86		19
39		13		87		20
40		15		88		26
41		15		89		28
42		15		90		25
43		16		91		29
44		14		92		28
45		15		93		26
46		14		94		27
47		16		95		29
48		14		96		23
				96	17	100%

Se conoce que los conductores cambian sus neumáticos en promedio cada 17 meses y la información del peso promedio de neumáticos, 7.25 Kg, que se obtuvo de la empresa Goodyear. Para calcular la capacidad de la planta recicladora tenemos como dato el tamaño de población vehicular de 33,653 unidades en la ciudad de Chiclayo en el 2019.

Cantidad de neumáticos que se desechan

$$N = \frac{33,653 * 4}{17 * 30}$$

$$N = 264 \frac{\text{Neumáticos}}{\text{Día}}$$

Cálculo del peso total del neumático

Donde:

N: Peso total del neumático

Ppn: Peso promedio de neumáticos

Pv: Población vehicular

<i>N:</i>	975.9
<i>Ppn:</i>	7.25
<i>Pv:</i>	33,653

$$N = \frac{Ppn * Pv * 4}{1000}$$

$$N = \frac{7,25 * 33,653 * 4}{1000}$$

Peso de NFU en 17 meses = 975.9 Ton

$$N = \frac{\sum \text{peso de NFU en 17 meses}}{\text{meses} * \text{días}}$$

$$N = \frac{975.9}{17 * 30}$$

$$N = 1.91 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}}$$

4.4. Elaborar la propuesta de la planta recicladora de NFU en la ciudad de Chiclayo.

Para elaborar la propuesta de la planta recicladora de NFU en la ciudad de Chiclayo, se utilizó la fuente del Ministerio del Ambiente – MINAM del 2016 los cuales fueron proyectadas al 2019 y los datos de la encuesta aplicada a los conductores de Vehículos y vulcanizadoras.

Según el CIIU Revisión 4 (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) del 2008, la actividad que se pretende desarrollar se encuentra en la sección C Industrias manufactureras, división 20 Fabricación de sustancias y productos químicos, grupo 201 Fabricación de sustancias químicas básicas, de abonos y compuestos de nitrógeno y de plásticos y caucho sintético en formas primarias, clase 2013 Fabricación de plásticos y caucho sintético en formas primarias.

El objetivo de la planta recicladora de neumáticos fuera de uso, es contribuir a la recolección, almacenamiento, procesado y reducción de uno de los productos más contaminantes en el mundo como son los neumáticos usados, creando conciencia medioambiental y generar utilidad para la empresa por medio de la venta del grano de caucho reciclado, acero y fibra textil que se obtienen de los mismos.

La propuesta de la planta recicladora de neumáticos usados está enfocada a la reducción de desechos sólidos (neumáticos en desuso) y reaprovechamiento de los mismos utilizando procesos de producción amigables con la naturaleza contribuyendo de manera activa con su protección y descontaminación.

El terreno donde se pretende desarrollar la actividad será de 7700 metros cuadrados el cual servirá como lugar de emplazamiento encontrándose en el distrito de La victoria – Carretera a Monsefú km 4.2.

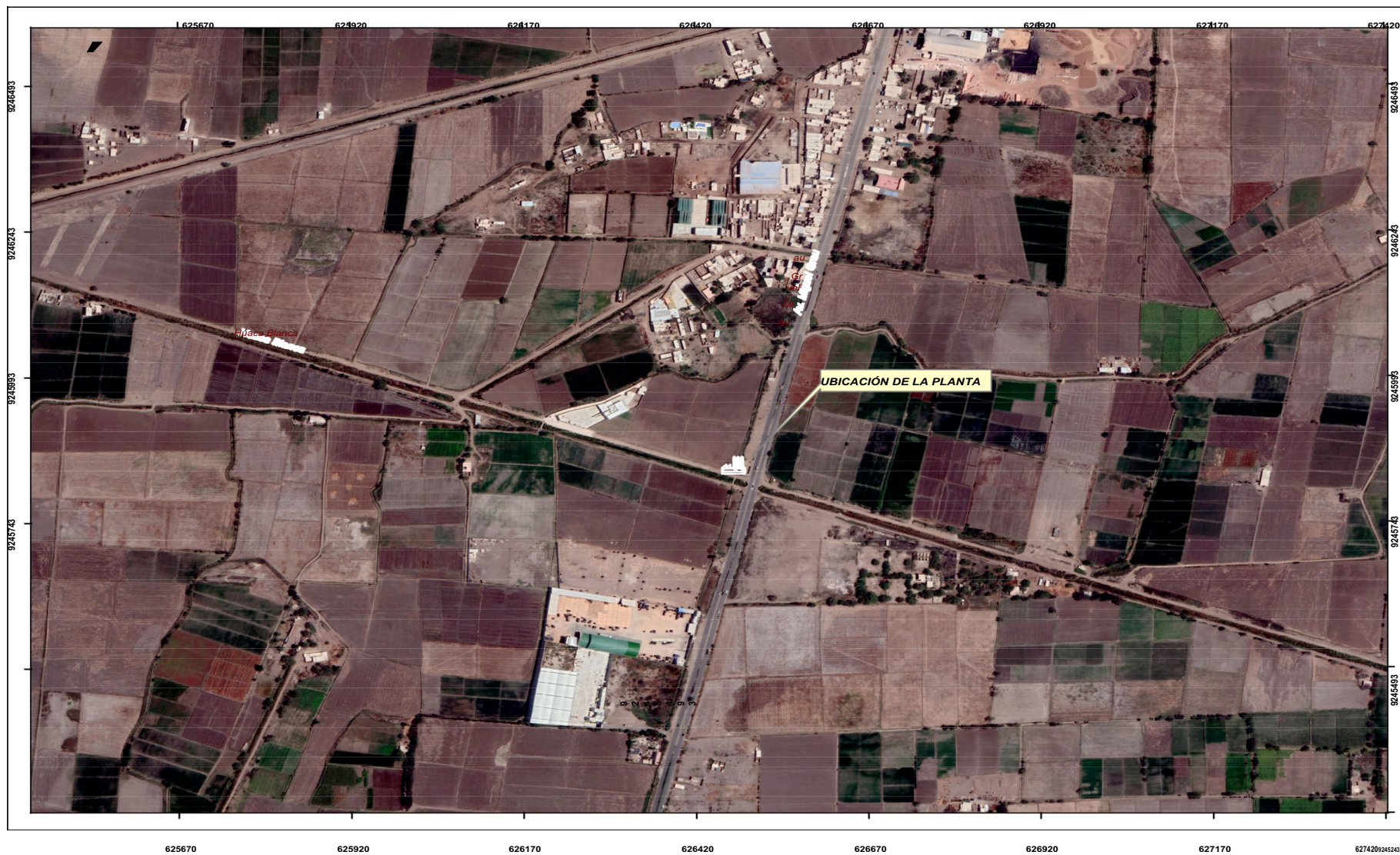


Figura 15. Ubicación de la planta.
Fuente: Elaboración Propia

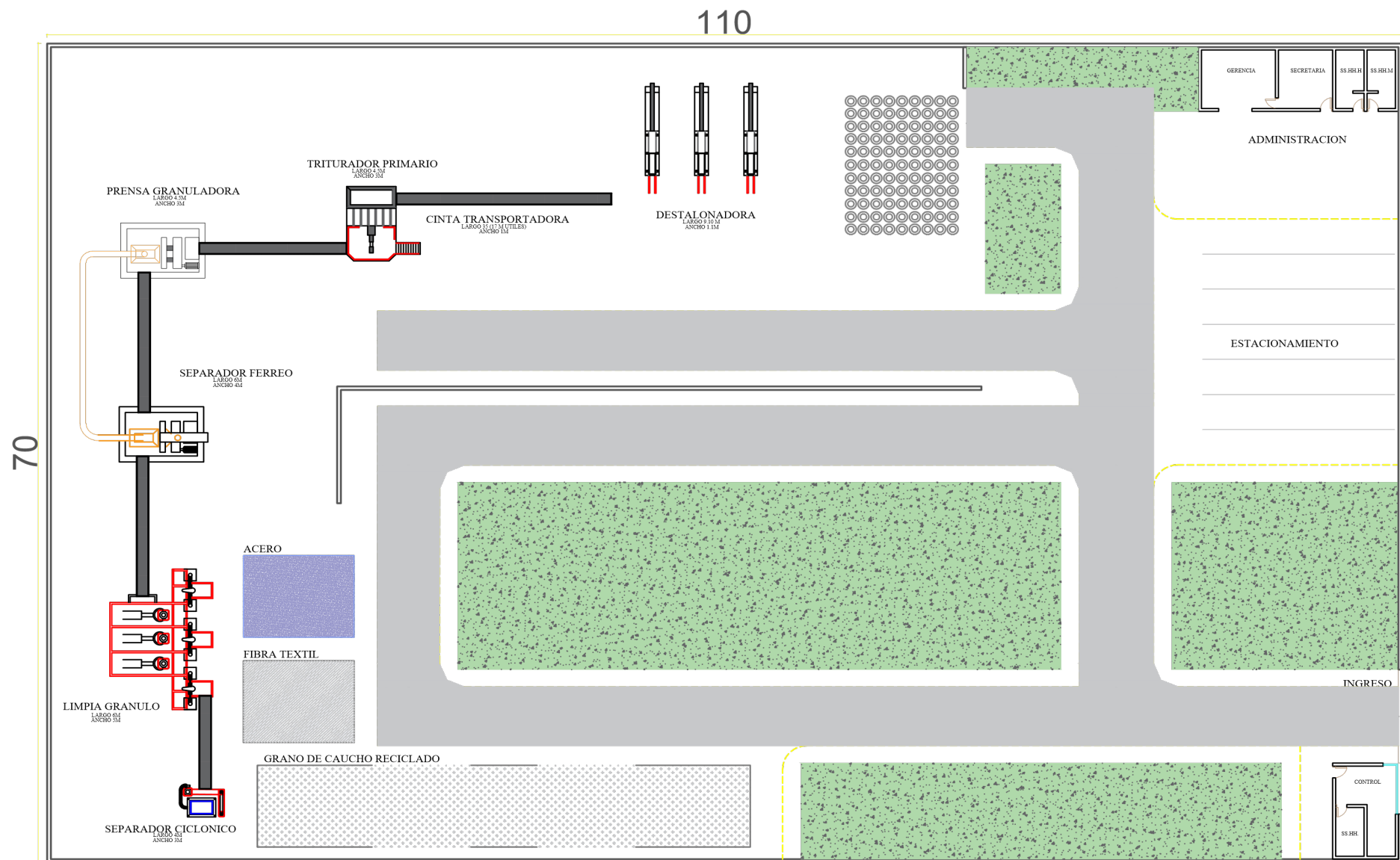


Figura 16. Plano de ilustración de planta.
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10.
Presupuesto para la planta recicladora de Neumáticos Fuera de Uso.

ESTUDIO DE CAMPO				Porcentaje %	
Descripción	Metros cuadrados	Valor unitario	Valor total (S/ Soles)		
Terreno	7,700.00	18,000.00	18,000.00	2.02%	2.02%
TOTAL			18,000.00		
PRESUPUESTO PARA EL TERRENO					
Descripción	Metros cuadrados	Valor unitario	Valor total (S/ Soles)		
Terreno	7,700.00	15.00	115,500.00	12.98%	12.98%
TOTAL			115,500.00		
PRESUPUESTO DEL VEHÍCULO					
Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total (S/ Soles)		
Camión 5 Tn	1	116,550.00	116,550.00	13.10%	24.33%
Montacargas	1	99,900.00	99,900.00	11.23%	
TOTAL			216,450.00		
PRESUPUESTO DE MAQUINARIA Y EQUIPO					
Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total (S/ Soles)		
Destalonadora	3	16,650.00	49,950.00	5.61%	
Cinta transportadora	5	6,660.00	33,300.00	3.74%	
Triturador primario	1	93,240.00	93,240.00	10.48%	55.77%
Prensa granuladora	1	166,500.00	166,500.00	18.72%	
Separador férreo	1	59,940.00	59,940.00	6.74%	
Limpia granulo	1	66,600.00	66,600.00	7.49%	
Separador ciclónico	1	26,640.00	26,640.00	2.99%	
TOTAL			496,170.00		
PRESUPUESTO PARA SUELDOS					
Descripción	Unidad	Valor unitario	Valor total (S/ Soles)		
Administrativos	3	9,000.00	27,000.00	3.04%	4.89%
Operarios	5	2,500.00	12,500.00	1.41%	
Limpieza y seguridad	2	2,000.00	4,000.00	0.45%	
TOTAL			43,500.00		
INVERSIÓN TOTAL			889,620.00	100.00%	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11.

Cronograma general para la ejecución de la planta recicladora de Neumáticos Fuera de Uso.

ACTIVIDAD	PERIODO DE TRABAJO																											
	1er MES				2do MES				3er MES				4to MES				5to MES				6to MES				7mo MES			
	SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS				SEMANAS			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ESTUDIO DE CAMPO																												
Verificación y análisis de suelo																												
Estudio de redes de servicio																												
PREDISEÑO																												
Acopio de cartografía																												
Acopio de normativa vigente																												
Obtención de permisos y licencias																												
DISEÑO																												
Desarrollo de esquema básico																												
Desarrollo de anteproyecto																												
Presentación de proyecto																												
CONSTRUCCIÓN																												
Inicio de construcción																												
Cierre de obra negra																												
Finalización de obra gris																												
Finalización de obra blanca																												
Finalización total de la obra																												

Fuente: Elaboración Propia.

V. Discusión

A partir de los hallazgos encontrados que, si se implementa una planta recicladora de neumáticos usados entonces se podrá mitigar la contaminación ambiental que se generan en la ciudad de Chiclayo – 2019.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Mesa y Patarroyo (2016), Rodríguez (2017), Díaz y Castro (2017), quienes señalan que el crecimiento del parque automotor beneficia con la obtención de materia prima, además contribuyen a la reducción de impactos negativos para el medio ambiente como lo son, la quema indiscriminada de las llantas desechadas dando paso a las emisiones de CO₂, entre otros. La idea de la implementación de una planteada recicladora de neumáticos consiste en la creación de una empresa que se dedique a la transformación de las mismas a grano de caucho reciclado GCR, para su posterior comercialización y venta como materia prima principalmente para el sector de la construcción de pavimento asfáltico.

La propuesta de la planta recicladora de neumáticos usados es válida debido a que existe una demanda de grano de caucho reciclado. De acuerdo con Fernández (2016), estudio de “Análisis del comportamiento físico - mecánico de una mezcla asfáltica en caliente modificada con GCR (grano de caucho reciclado) a partir de neumáticos en desuso, Cusco 2016.” Siendo una alternativa para la reducción del impacto ambiental que generan los neumáticos usados siendo de rentabilidad considerable y aplicación conveniente en la tecnología del Diseño y Producción de Mezclas Asfálticas en Caliente.

VI. Conclusiones

A manera de colofón se expresa lo siguiente:

A través de esta investigación logro georreferenciar las vulcanizadoras que existen en la ciudad de Chiclayo, lo cual permitió la elaboración de mapas con las vulcanizadoras formales e informales georreferenciadas de la ciudad de Chiclayo facilitando la identificación de las mismas permitiéndonos conocer la cantidad de neumáticos usados que se desechan.

En el presente trabajo de investigación se determinó que las vulcanizadoras en la ciudad de Chiclayo, formales representan un 60% representando una frecuencia de 9, mientras que las informales un 40% representando una frecuencia de 6.

De acuerdo con la investigación se determinó que, en la ciudad de Chiclayo, un 12% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 0 a 8 meses, 49% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 9 a 16 meses, 30% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 17 a 24 meses, y un 4% cambian sus neumáticos mayor a 24 meses, desechando un total de 264 unidades/día.

El terreno donde se pretende desarrollar la actividad será de 7700 metros cuadrados el cual servirá como lugar de emplazamiento encontrándose en el distrito de La victoria – Carretera a Monsefú km 4.2, la planta recicladora estará compuesta por tres destalonadoras, cinco cintas transportadoras, un triturador primario, una prensa granuladora, un separador férreo, un limpia granulo y un separador ciclónico. El presupuesto para la planta recicladora de neumáticos usados tendrá un valor total de S/ 889,620.00 Soles.

VII. Recomendaciones

Debido a que el Perú no dispone de instrumentos legales específicos para el manejo de residuos sólidos especiales como los neumáticos fuera de uso NFU se recomienda implementar instrumentos legales para el manejo adecuado de los neumáticos fuera de uso NFU.

Recomiendo a las autoridades competente promover la formalización de las vulcanizadoras en la ciudad de Chiclayo.

En este trabajo de investigación se calculó que la cantidad de neumáticos fuera de uso que se desechan es de 1.9 Ton/día. Debido a que la materia prima es mayor a la capacidad, se tiene un colchón de producción a largo plazo por lo que se debería realizar un estudio de mercado para poder realizar un acercamiento y obtener más clientes, ya que se conseguiría usar la capacidad eficiencia manteniendo los mismos recursos y obteniendo más utilidad.

Se debe implementar instrumentos legales con total exactitud para asegurar su correcto funcionamiento, para lo cual se debe trabajar en conjunto con las autoridades competentes y población en general, teniendo en cuenta los beneficio de reciclar neumáticos fuera de uso (NFU) se recomienda implementar una planta recicladora de neumáticos usados estándar con una capacidad no mayor a 684 t/a, del remanente de acero y fibra textil obtendría un ingreso adicional que serviría como reserva de la empresa para su posterior utilización, se debe contar con el desgaste de cuchillas de las maquinarias y el tiempo de duración de las mismas, para ser considerado dentro de los presupuestos de mantenimiento.

VIII. Referencias bibliográficas

- Bernal Torres, C. A. (2006). Metodología de la investigación. In L. Gaona Figueroa (Ed.), *Metodología de la investigación* (Segunda ed, p. 19). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Bernal Torres, C. A. (2010). Metodología de la investigación. In O. F. Palma (Ed.), *The British Journal of Psychiatry* (Tercera ed). Bogotá: PEARSON EDUCACIÓN.
- Cáceres Malaver, L. (2016). *Propuesta técnica-económica de mini planta recicladora de neumáticos en desuso para minimizar los gases contaminantes en la ciudad de Cajamarca 2016*. Universidad César Vallejo.
- Cardona Gómez, L., & Sanchez Montoya, L. M. (2011). Aprovechamiento de llantas usadas para la fabricación de pisos decorativos. Universidad de Medellín.
- Cardona Urrutia, P. del P. (2016). *Estudio de factibilidad para la creación de una planta de producción de granos de caucho (GCR) mediante el reciclaje de llantas fuera de uso*. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Díaz Claros, César Mauricio; Castro Celis, L. C. (2017). *Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá*. Universidad Santo Tomás.
- Eco Green Equipment. (2018). ¿Conoces cuales peligros pueden ocasionar los Neumáticos Fuera de Uso (NFU)? Retrieved August 31, 2019, from <http://ecogreenequipment.com/es/conoce-cuales-peligros-pueden-ocacionar-los-neumaticos-fuera-de-uso-nfu/>
- Fernández Ttito, D. T. (2016). *Análisis del comportamiento físico - mecánico de una mezcla asfáltica en caliente modificada con GCR (grano de caucho reciclado) a partir de neumáticos en desuso, Cusco 2016*. Universidad Andina del Cusco.
- Kahl. (2019). *Plantas de reciclaje para NFU* (p. 4). p. 4. Retrieved from https://www.akahl.de/fileadmin/media/akahl/downloads/Prospekte/Prospekte_spanisch/AK36-Altreifen_Recycling_18s.pdf
- Kasmaq. (2019). *LÍNEA DE RECICLAJE NEUMÁTICOS FUERA DE USO – NFU 2000 kg a 3000 kg/hora* (p. 11). p. 11. Retrieved from <https://kasmaq.com/wp->

content/uploads/2017/07/PDF-WEB-2000-A-3000-1.pdf

- Laguillo Revuelta, O. (2016). *Planta de tratamiento de neumáticos*. Universidad de Cantabria.
- Magallanes Reyes, C., & Guillén Solari, I. (2015). *Experiencias en el tratamiento de neumáticos fuera de uso en iberoamérica*. Lima.
- Marín Ochoa, B. E. (2012). En favor del medio ambiente: de llanta de vieja a carbón activado. *Revista Universitas Científica*, 15(1), 32–35.
- Mesa Trujillo, María Isabel; Patarroyo Díaz, S. (2016). *Plan de negocio dirigido a la recuperación de neumáticos usados y comercialización de grano de caucho reciclado (gcr) en la ciudad de Bogotá*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Michelin. (n.d.). ¿Cómo se hacen los neumáticos? Michelin Canada. Retrieved September 3, 2019, from MICHELIN, Canadá website:
<https://www.michelin.ca/fr/howTireMade.html>
- Ministerio de Salud, (MINSA). (2000, July 20). Ley General de Salud N° 26842. *Diario Oficial El Peruano*, p. 34. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Ministerio Nacional del Ambiente, (MINAM). (2005). Ley general del ambiente N° 28611. In *Ministerio del Ambiente, Perú* (1st ed., Vol. 1). Lima.
- Ministerio Nacional del Ambiente, (MINAM). (2009). Política Nacional del Ambiente. In Editorial Supergráfica E.I.R.L. (Ed.), *Editorial Supergráfica E.I.R.L* (Primera, e). Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Política-Nacional-del-Ambiente.pdf>
- Ministerio Nacional del Ambiente, (MINAM). (2012). Glosario de términos para la gestión ambiental peruana. In *Ministerio Nacional del Ambiente, Perú* (p. 396). Retrieved from <http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Glosario-de-Terminos.pdf>
- Ministerio Nacional del Ambiente (MINAM). (2017, December 21). Decreto Legislativo N° 1278. *Diario Oficial El Peruano*, p. 32. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/12/ds_014-2017-minam.pdf
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (PNUMA). (2011). *Directrices técnicas para el manejo ambientalmente racional de neumáticos usados y de desecho*.

1–64. Retrieved from <http://www.basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW.10-06-Add.1-Rev.1.Spanish.pdf>

Ramírez Garzón, V. A. (2012). *Creación de una empresa dedicada al reciclaje de llantas a través de su trituración*. Universidad EAN.

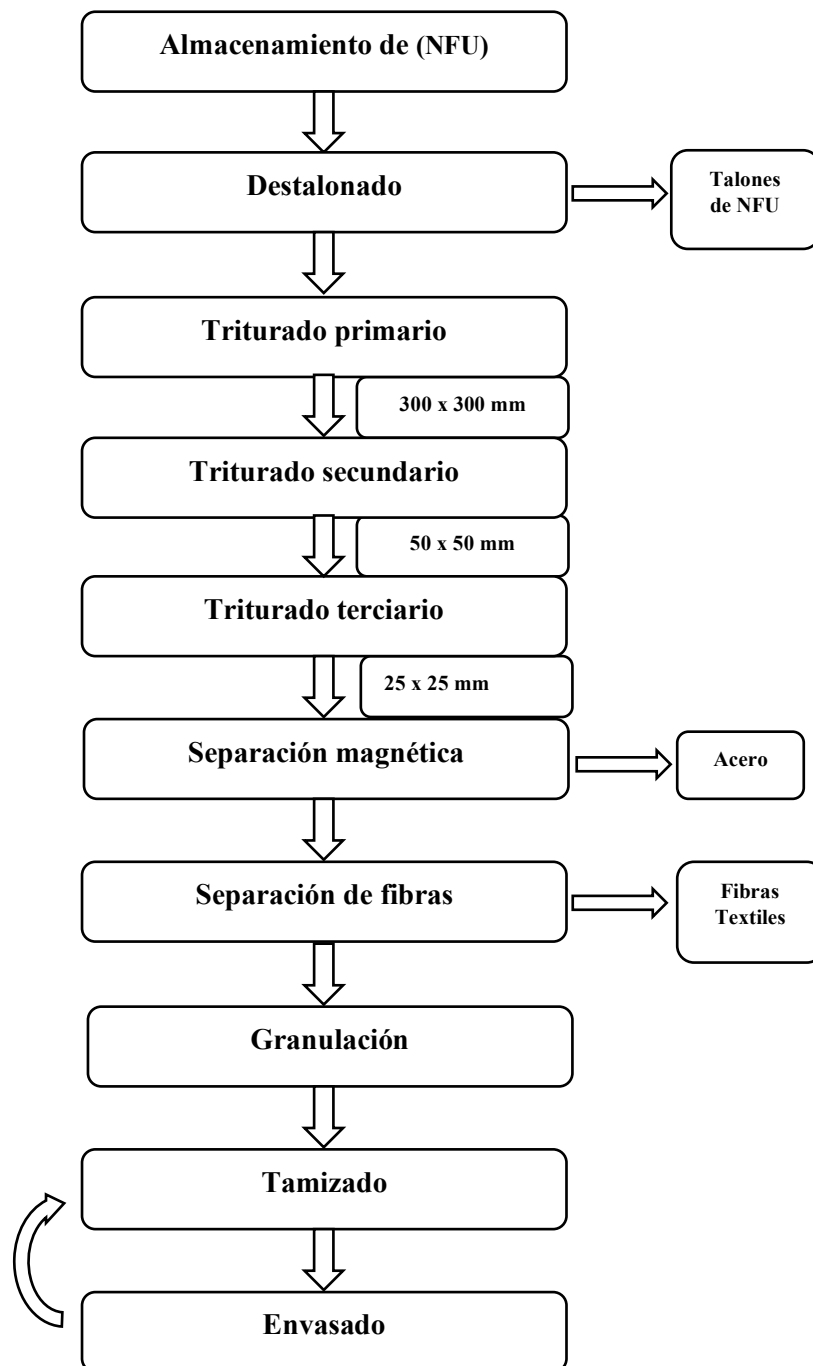
Rodríguez Cueva, J. R. (2017). *Estudio de factibilidad para la creación de una empresa procesadora y comercializadora de caucho reciclado styrene-butadiene rubber en la provincia de Loja*. Universidad Nacional de Loja.

Sánchez Sailema, M. L. (2016). *Estudio de capacidad de producción de la línea de caucho en la planta de industrias diversas de la empresa PLASTICAUCHO S.A.* (Universidad Técnica de Ambato). <https://doi.org/10.1192/bjp.112.483.211-a>

Sistema Nacional de Información Ambiental, (SINIA). (2016). Indicador: Vehículos por cada mil habitantes, Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). Retrieved August 31, 2019, from <https://sinia.minam.gob.pe/indicador/966>

IX. Anexos

Anexo N° 1: Diagrama del proceso productivo en la planta de tratamiento de NFU



Vehículos - Unidades por mil habitantes. (Un. x 1000 hab.)

Representación	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Amazonas	3.34	4.09	4.6	4.81	4.96	5.04	5.21	5.34	5.43	5.58	5.78	5.79	5.75	5.61	5.49	5.38	5.36
Ancash	16.92	17.97	17.93	17.8	17.91	17.88	18.12	18.55	19.03	19.2	19.79	20.77	22.51	24.25	25.89	27.17	29.05
Apurímac	5.93	6.98	7.45	8.43	8.66	8.81	8.9	8.93	8.91	8.94	8.88	8.83	8.94	8.99	9.06	9.14	9.15
Arequipa	63.61	66.25	68.43	69.26	69.06	68.85	69.59	71.85	76.85	81.53	87.44	96.61	108.04	119.04	129.05	136.98	144.42
Ayacucho	5.89	6.52	6.49	6.44	6.43	6.41	6.41	6.62	8.51	8.67	8.78	8.78	8.92	8.86	8.84	8.74	8.68
Cajamarca	4.66	5.2	5.54	5.81	6.13	6.51	6.99	7.62	8.34	9.08	10.07	11.49	12.99	14.12	14.86	15.52	16.26
Cusco	24.92	27.34	28.08	28.98	29.02	29.07	29.25	30.13	31.58	33.32	35.37	37.78	41.54	45.72	49.53	52.56	55.87
Huancavelica	1.9	2.07	2.32	2.32	2.31	2.33	2.35	2.38	2.6	2.74	2.77	2.75	2.74	2.67	2.68	2.6	2.58
Huánuco	14.08	14.31	14.12	14.35	14.05	13.81	13.61	13.54	13.86	13.89	14.35	15.08	16.02	16.82	17.46	18.18	18.9
Ica	32.03	32.74	32.94	32.95	32.62	32.28	31.99	32.08	34.89	34.76	34.97	34.97	34.77	34.22	33.92	37.75	34.08
Junín	34.35	35.17	35.43	35.28	34.96	34.81	35.17	36.19	37.23	38.23	39.25	40.5	42.56	44.33	46.18	47.81	49.28
La Libertad	25.56	25.97	26.33	61.68	60.41	93.87	92.05	91.1	91.22	90.81	90.83	91.58	93.39	95.34	97.13	98.91	100.97
Lambayeque	32.39	32.97	33.48	33.51	33.34	33.24	33.31	34	35.36	36.51	37.99	40.57	43.85	46.89	49.5	51.69	53.72
Lima	100	101.44	102.91	103.83	103.96	104.51	106.07	109.65	117.09	123.19	131.16	139.15	148.54	157.01	164.18	170.23	175.48
Loreto	6.42	6.39	6.25	6.08	5.9	5.76	5.6	5.46	5.36	5.24	5.18	5.24	5.28	5.35	5.38	5.29	5.24
Madre De Dios	6.79	6.83	7.28	8.17	8.07	7.78	7.63	7.8	7.95	7.98	8.14	8.26	8.32	8.58	8.47	8.45	8.7
Moquegua	52.78	53.51	55.6	56.84	58.73	59.31	63.34	68.84	72.8	74.94	77.99	80.94	83.54	84.56	83.86	82.73	81.89
Pasco	13.33	14.17	14.86	15.94	17.2	18.68	19.51	21.29	23.64	24.74	25.09	24.69	24.32	23.69	23.03	22.37	22.21
Piura	18.23	18.33	18.75	18.88	18.9	18.72	18.61	18.73	19.25	19.75	20.55	21.91	23.56	25.37	27.1	28.41	29.62
Puno	18.03	18.85	19.4	19.84	20.02	20	20.25	21.29	22.49	23.6	25.26	27.17	29.44	31.29	32.13	32.64	33.37
San Martín	6.95	7.16	7.05	14.85	14.46	14.06	13.66	13.35	13.07	12.94	12.97	13.11	13.55	13.78	14.04	14.33	14.51
Tacna	98.74	103.89	105.8	104.69	104.78	104.86	106.09	110.76	115.46	121.88	126.44	130.41	135.08	137.9	139.76	141.01	142.72
Tumbes	15.05	15.07	15.25	15.07	14.81	14.79	14.6	14.43	14.18	14.01	13.93	13.87	14.27	14.34	14.37	14.37	14.34
Ucayali	14.9	15.5	15.19	17.85	17.36	16.89	16.5	16.62	16.49	16.24	16.09	16.29	16.72	17.2	17.86	18.27	18.57

Fuente: Ministerio del Ambiente - MINAM

Anexo N° 2: formula de la tasa de crecimiento

$$r = \frac{Xt - Xo}{Xo} * 100$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento anual

n: Período de diseño (años)

Xo: Valor inicial

Xt: Valor final

Tasa de crecimiento anual Unidades por mil habitantes. (Un. x 1000 hab.)

r:	3.93
Xo:	51.69
Xt:	53.72

$$r = \frac{53.72 - 51.69}{51.69} * 100$$

Se tiene una tasa de crecimiento poblacional de 3.93%

Población censada y tasa de crecimiento promedio anual en las ciudades capitales de departamento, censos 2007 y 2017.

Departamento	Ciudad capital	Población		Incremento intercensal		Tasa de Crecimiento Promedio Anual (%)
		2007	2017	Abs.	(%)	
Total		13 889 283	16 049 568	2 160 285	15.6	1.5
Amazonas	Chachapoyas	23 202	32 026	8 824	38.0	3.3
Áncash	Huaraz	99 462	118 836	19 374	19.5	1.8
Apurímac	Abancay	51 462	72 277	20 815	40.4	3.5
Arequipa	Arequipa	806 782	1 008 290	201 508	25.0	2.3
Ayacucho	Ayacucho	151 019	216 444	65 425	43.3	3.7
Cajamarca	Cajamarca	161 215	201 329	40 114	24.9	2.2
Cusco	Cusco	348 935	428 450	79 515	22.8	2.1
Huancavelica	Huancavelica	40 004	49 570	9 566	23.9	2.2
Huánuco	Huánuco	148 665	196 627	47 962	32.3	2.8
Ica	Ica	232 054	282 407	50 353	21.7	2.0
Junín	Huancayo	382 478	456 250	73 772	19.3	1.8
La Libertad	Trujillo	766 082	919 899	153 817	20.1	1.8
Lambayeque	Chiclayo	527 250	552 508	25 258	4.8	0.5
Lima y Prov. Const. del Callao 1/	Lima Metropolitana	8 472 092	9 562 280	1 090 188	12.9	1.2
Loreto	Iquitos	367 153	377 609	10 456	2.8	0.3
Madre de Dios	Puerto Maldonado	57 035	85 024	27 989	49.1	4.1
Moquegua	Moquegua	50 799	69 882	19 083	37.6	3.2
Pasco	Cerro de Pasco	61 046	58 899	-2 147	-3.5	-0.4
Piura	Piura	377 896	473 025	95 129	25.2	2.3
Puno	Puno	119 116	128 637	9 521	8.0	0.8
San Martín	Moyobamba	39 250	50 073	10 823	27.6	2.5
Tacna	Tacna	242 670	286 240	43 570	18.0	1.7
Tumbes	Tumbes	91 365	96 946	5 581	6.1	0.6
Ucayali	Pucallpa	272 251	326 040	53 789	19.8	1.8

Fuente: INEI - Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017.

Anexo N° 3: Proyección del crecimiento poblacional al 2019

MÉTODO GEOMÉTRICO

Mediante este método, se asume que el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de ésta. En este caso el patrón de crecimiento es el mismo que el usado para el método aritmético. Con la siguiente fórmula se calcula la población futura a través del método geométrico:

$$Pd = Pa(1 + r)^t$$

Donde:

Pd: Población proyectada (hab.)

Pa: Población actual (hab.)

r: Tasa de crecimiento anual

t: Período de diseño (años)

Proyección del crecimiento poblacional del 2017 al 2019

<i>Pd:</i>	558,046.89
<i>Pa:</i>	552,508
<i>r:</i>	0.005
<i>t:</i>	2

$$Pd = 552,508(1 + 0.005)^2$$

De nuestra población que son 552,508 personas en el año 2017 en la ciudad de Chiclayo, se proyectó al 2019 teniendo como resultado un total de 558,047 personas.

Proyección del crecimiento vehicular del 2016 al 2019

<i>Pd:</i>	60.305
<i>Pa:</i>	53.72
<i>r:</i>	0.0393
<i>t:</i>	3

$$Pd = 53.72(1 + 0.0393)^3$$

De nuestra población que es 53.72 (Un. x 1000 hab) hasta en el año 2016 en la ciudad de Chiclayo, se proyectó al 2019 teniendo como resultado un total de 60.305 (Un. x 1000 hab).

TAMAÑO DE POBLACIÓN

$$N = \frac{Pp \cdot Pv}{1000}$$

Donde:

N: Tamaño de la población

Pp: Proyección poblacional

Pv: Proyección vehicular

Tamaño de población vehicular

<i>N:</i>	33,653.0177
<i>Pp:</i>	558,046.89
<i>Pv:</i>	60.305

$$N = \frac{558,046.89 * 60.305}{1000}$$

Para hallar el tamaño de población vehicular se aplicó la fórmula de tamaño de población teniendo como resultado 33,653.0177 vehículos en la ciudad de Chiclayo en el 2019.

Anexo N° 4: Cálculo de muestra para obtener el número de encuestados

TABLA: DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD NORMAL ESTÁNDAR

z_0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z_0
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,99865	0,99869	0,99874	0,99878	0,99882	0,99886	0,99889	0,99893	0,99896	0,99900	3,0
3,1	0,99903	0,99906	0,99910	0,99913	0,99916	0,99918	0,99921	0,99924	0,99926	0,99929	3,1
3,2	0,99931	0,99934	0,99936	0,99938	0,99940	0,99942	0,99944	0,99946	0,99948	0,99950	3,2
3,3	0,99952	0,99953	0,99955	0,99957	0,99958	0,99960	0,99961	0,99962	0,99964	0,99965	3,3
3,4	0,99966	0,99968	0,99969	0,99970	0,99971	0,99972	0,99973	0,99974	0,99975	0,99976	3,4
3,5	0,99977	0,99978	0,99978	0,99979	0,99980	0,99981	0,99981	0,99982	0,99983	0,99983	3,5
3,6	0,99984	0,99985	0,99985	0,99986	0,99986	0,99987	0,99987	0,99988	0,99988	0,99989	3,6
3,7	0,99989	0,99990	0,99990	0,99990	0,99991	0,99991	0,99992	0,99992	0,99992	0,99992	3,7
3,8	0,99993	0,99993	0,99993	0,99994	0,99994	0,99994	0,99994	0,99995	0,99995	0,99995	3,8
3,9	0,99995	0,99995	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99996	0,99997	0,99997	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
α	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
z_{α}	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:

$1-\alpha$ = Nivel de confianza

α = Nivel de significación

Se utilizó esta tabla para determinar la probabilidad de error en nuestra muestra, para nuestro caso es de 0.9750.

TAMAÑO DE MUESTRA

Debido a que mi población no es infinita utilizo la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot S^2}{d^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot S^2}$$

Donde:

n: Tamaño de la muestra

N: Tamaño de la población

Z: Valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal.
Llamado también nivel de confianza.

S: Varianza de la población en estudio (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto)

d: Nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

Muestra para la población de vulcanizadoras

n:	15
N:	15
Z:	1.96
s:	0.25
d:	0.05

$$n = \frac{33,653 \cdot 1.96^2 \cdot 0.25^2}{0.05^2 \cdot (33,653 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.25^2}$$

De nuestra población que son 15 vulcanizadoras en la ciudad de Chiclayo, se aplicará la encuesta a 15 vulcanizadoras que será el tamaño de muestra.

Muestra para la población vehicular

n:	96
N:	33653
Z:	1.96
s:	0.25
d:	0.05

$$n = \frac{33,653 \cdot 1.96^2 \cdot 0.25^2}{0.05^2 \cdot (33,653 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.25^2}$$

De nuestra población que son 33653 vehículos en la ciudad de Chiclayo en el 2019, se aplicará la encuesta a 96 conductores que será el tamaño de muestra.

**Anexo N° 5: Georreferenciación de coordenadas UTM WGS 84 con el GPS Map 64s –
Garmin**



Anexo N° 6: Acopio de neumáticos en las vulcanizadoras de la ciudad de Chiclayo



Anexo N° 7: Validación de los instrumentos

ENCUESTA – VULCANIZADORAS



ENCUESTA PARA DETERMINAR LA PROPUESTA DE UNA PLANTA RECICLADORA DE NEUMÁTICOS USADOS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL QUE SE GENERAN EN LA CIUDAD DE CHICLAYO - 2019.

Responsable: Nejero Tuesta, Pablo Arturo.

Indicación: Señor(a) le pido su colaboración para marcar con una X la alternativa que considere conveniente según su criterio.

Nombre de la vulcanizadora:

Fecha: **Ubicación:**

ASPECTOS GENERALES

1. Sexo:

☐ Varón ☐ Mujer

2. Nivel Académico:

☐ Sin Estudios
☐ Primaria
☐ Secundaria
☐ Superior

3. Años funcionando en el lugar:

☐ 0 < a 5 ☐ 6 a 10 ☐ 11 a 20 ☐ > 20

CONOCIMIENTO AMBIENTAL

4. ¿Sabe que es reciclaje?

☐ Si
☐ No

5. ¿Ha oído anteriormente acerca del reciclaje de neumáticos?

☐ Si
☐ No

6. ¿Conoce algún centro de acopio de neumáticos usados?
- ☐ Si
- ☐ No

7. ¿Qué hace con los neumáticos que cambia?

8. ¿Cree que reciclar neumáticos tendría algún impacto ambiental como económico?
- ☐ Si
- ☐ No
- ☐ Solamente Ambiental
- ☐ Solamente Económico

9. ¿Cree que la falta de avance tecnológico no permite el reciclaje adecuado?
- ☐ Si
- ☐ No

CONOCIMIENTO TÉCNICO Y LEGAL

10. ¿La vulcanizadora es formal?
- ☐ Si
- ☐ No
11. ¿Cuántos neumáticos cambia al día?
- ☐ 0 – 4 neumáticos
- ☐ 5 – 8 neumáticos
- ☐ 9 – 12 neumáticos
- ☐ > 12 neumáticos

12. ¿Cuántos neumáticos hay en la vulcanizadora?
- ☐ 0 a 200
- ☐ 201 a 400
- ☐ 401 a 600
- ☐ > 600

Nombre y apellidos:

Firma

DNI:

ENCUESTA – CHOFERES



ENCUESTA PARA DETERMINAR LA PROPUESTA DE UNA PLANTA RECICLADORA DE NEUMÁTICOS USADOS PARA MINIMIZAR LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL QUE SE GENERAN EN LA CIUDAD DE CHICLAYO - 2019.

Responsable: Nejero Tuesta, Pablo Arturo.

Indicación: Señor(a) le pido su colaboración para marcar con una X la alternativa que considere conveniente según su criterio.

Fecha: **Ubicación:**

ASPECTOS GENERALES

1. Sexo:

() Varón () Mujer

2. Nivel Académico:

() Sin Estudios
() Primaria
() Secundaria
() Superior

CONOCIMIENTO AMBIENTAL

3. ¿Sabe que es reciclaje?

() Si
() No

4. ¿Ha oído anteriormente acerca del reciclaje de neumáticos?

() Si
() No

5. ¿Conoce algún centro de acopio de neumáticos usados?

() Si
() No

6. ¿Qué hace con los neumáticos que cambio?

7. ¿Cree que reciclar neumáticos tendría algún impacto ambiental como económico?

- ☐ Si
☐ No
☐ Solamente Ambiental
☐ Solamente Económico

8. ¿Cree que la falta de avance tecnológico no permite el reciclaje adecuado?

- ☐ Si
☐ No

CONOCIMIENTO TÉCNICO Y LEGAL

9. ¿El vehículo es formal?

- ☐ Si
☐ No

10. Tipo de categoría y carrocería del vehículo:

Categoría M:	Carrocería:
Categoría N:	Carrocería:
Categoría O:	Carrocería:

11. Tiempo de uso vehicular (años):

- ☐ 0 < a 5 ☐ 6 a 10 ☐ 11 a 20 ☐ > 20

12. Tipo de uso vehicular:

- ☐ Particular
☐ Taxi
☐ Colectivo
☐ Urbano
☐ Interurbano
☐ Otros

13. ¿Con que frecuencia cambia los neumáticos?

- ☐ 0 – 8 meses
☐ 8 – 16 meses
☐ 16 – 24 meses
☐ > 24 meses

Nombre y apellidos:

Firma

DNI:

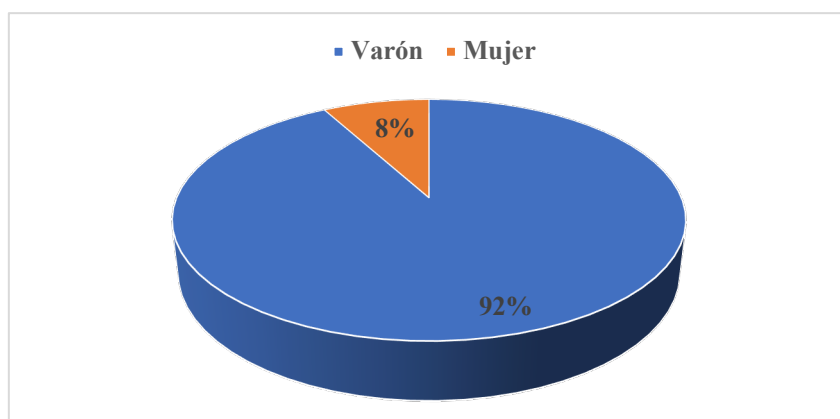
Anexo N° 8: Resultados de las encuestas a choferes

ASPECTOS GENERALES

1. Sexo:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Varón	88	92	92	90
	Mujer	8	8	8	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



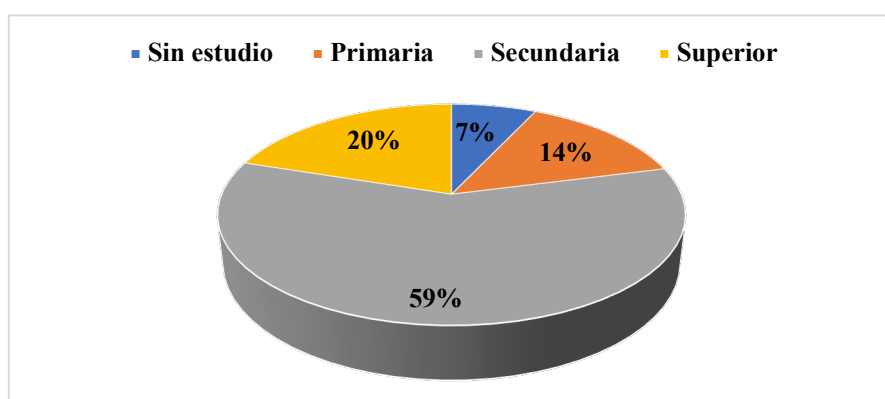
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró que, entre los conductores encuestados en la ciudad de Chiclayo, 2019, existe un 92% de varones y un 8% de mujeres, siendo un total de 90 personas encuestadas.

2. Nivel Académico:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Sin estudio	7	7	8	8
	Primaria	13	14	15	25
	Secundaria	57	59	66	89
	Superior	19	20	21	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

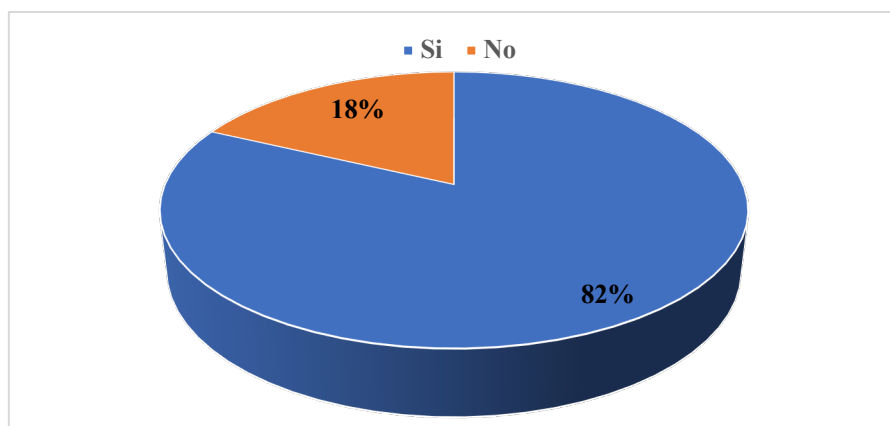
Nota: De los 90 encuestados el 7% de los conductores no cuentan con estudios académicos, el 14% con educación primaria, el 59% con educación secundaria y un 20% que cuenta con estudios superiores.

CONOCIMIENTO AMBIENTAL

3. ¿Sabe que es reciclaje?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	79	82	82	82
	No	17	18	18	100
Total		96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



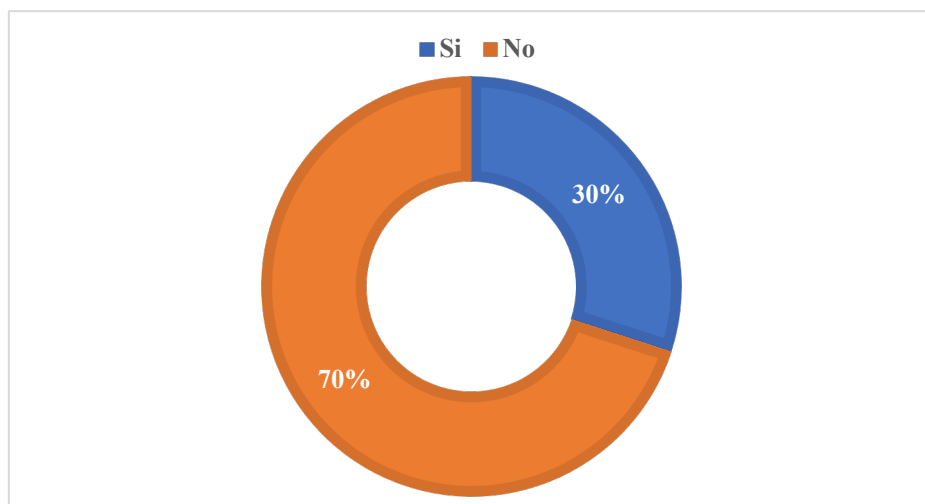
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Sobre el conocimiento del término reciclaje, el 82% si conoce y el 18% no conoce, a un total de 90 personas encuestadas.

4. ¿Ha oído anteriormente acerca del reciclaje de neumáticos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	29	30	30	30
	No	67	70	70	100
Total		96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



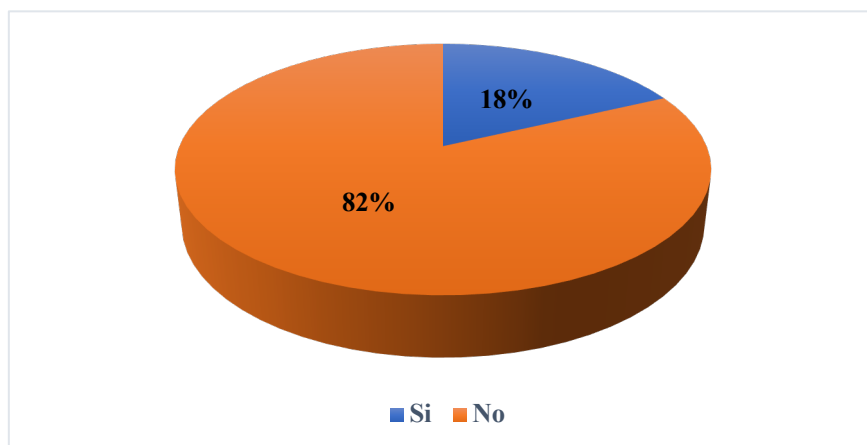
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, que el 30% si ha oído a cerca del reciclaje de neumáticos y el 70% no ha oído a cerca del reciclaje de neumáticos.

5. ¿Conoce algún centro de acopio de neumáticos usados?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	17	18	18	18
	No	79	82	82	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



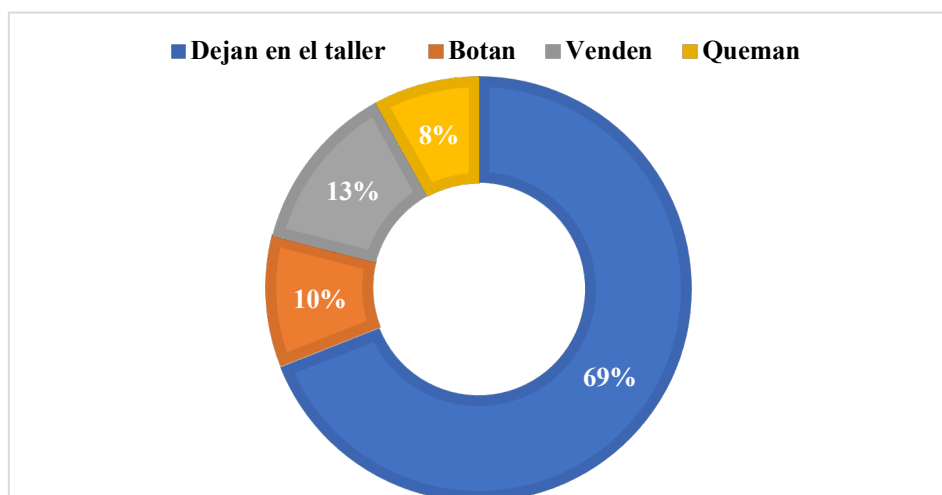
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, que el 18% si conoces algún centro de acopio y un 82% no conoce algún centro de acopio.

6. ¿Qué hace con los neumáticos que cambio?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Dejan en el taller	66	69	69	69
	Botan	10	10	10	79
	Venden	12	13	13	92
	Queman	8	8	8	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



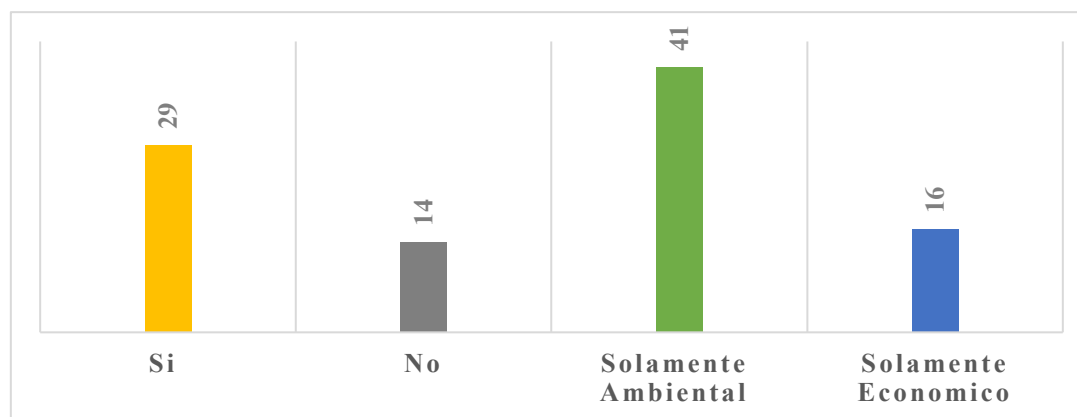
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, dejan los neumáticos en el taller el 69%, botan los neumáticos el 10%, venden los neumáticos el 13% y queman los neumáticos el 8%, a un total de 90 encuestados.

7. ¿Cree que reciclar neumáticos tendría algún impacto ambiental como económico?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	28	29	29	29
	No	13	14	14	43
	Solamente Ambiental	39	41	41	84
	Solamente Económico	15	16	16	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



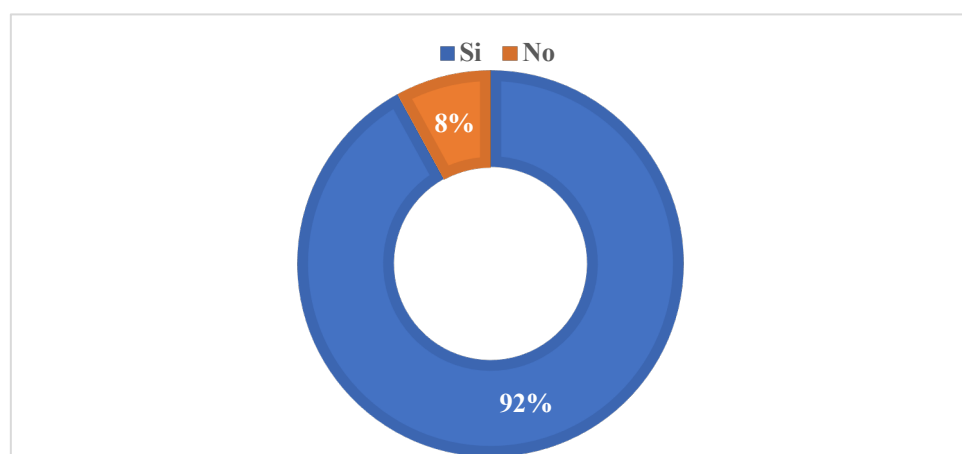
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, el 29% cree que SI, el 14% cree que NO, el 41% cree que Solamente Ambiental, mientras que el 16% cree que Solamente Económico, a un total 90 conductores encuestados.

8. ¿Cree que la falta de avance tecnológico no permite el reciclaje adecuado?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	88	92	92	30
	No	8	8	8	100
Total		96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, el 92% cree que la falta de avance tecnológico no permite el reciclaje de neumáticos y un 8% no cree que la falta de avance tecnológico permite el reciclaje adecuado.

CONOCIMIENTO TÉCNICO Y LEGAL

9. ¿El vehículo es formal?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	92	96	96	30
	No	4	4	4	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



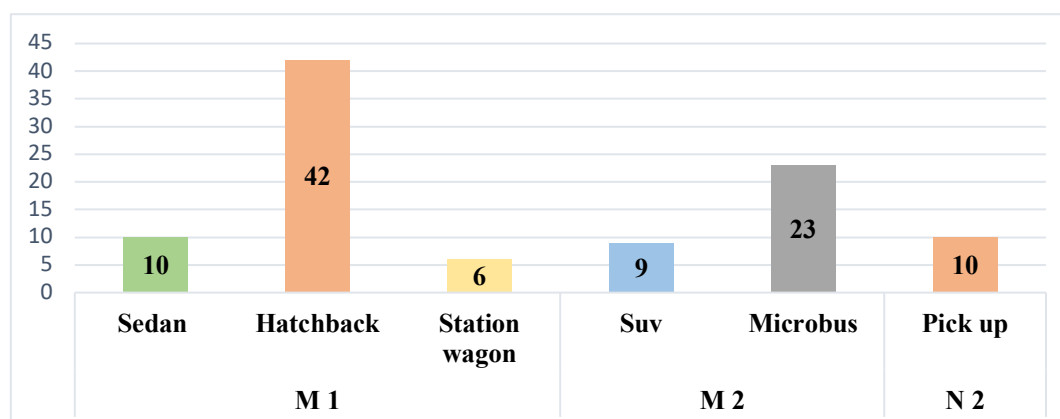
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, el 96% son vehículos formales y un 4% no son vehículos formales, siendo un total de 90 conductores encuestados.

10. Tipo de categoría y carrocería del vehículo:

	Categoría	Carrocería	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	M 1	Sedan	10	10	10	10
		Hatchback	40	42	42	52
		Station wagon	6	6	6	58
	M 2	Suv	8	9	9	67
		Microbús	22	23	23	90
	N 2	Pick up	10	10	10	100
	Total		96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



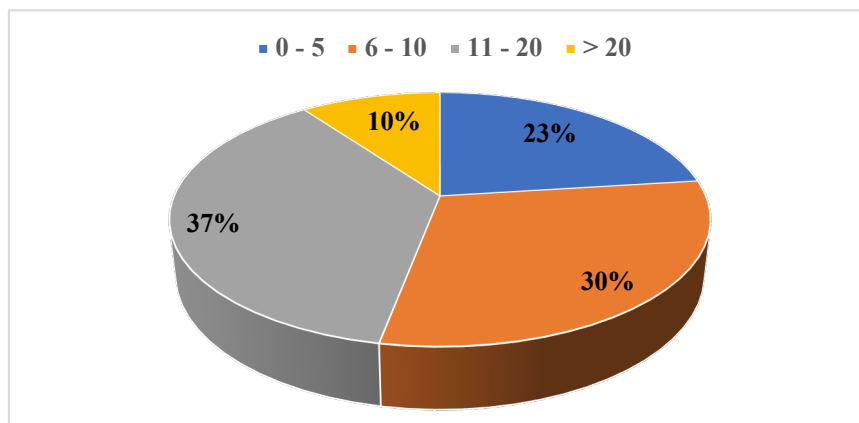
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, el 10% es de categoría M1 y carrocería sedan, 42% de categoría M1 y carrocería hatchback, 6% de categoría M1 y carrocería Station wagon, 9% de categoría M2 y carrocería Suv, 23% de categoría M2 y carrocería Suv, 23% de categoría M2 y carrocería microbús y un 10% de categoría N2 y carrocería pick up.

11. Tiempo de uso vehicular (años):

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	0 - 5	22	23	23	23
	6 - 10	29	30	30	53
	11 - 20	35	37	37	90
	> 20	10	10	10	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



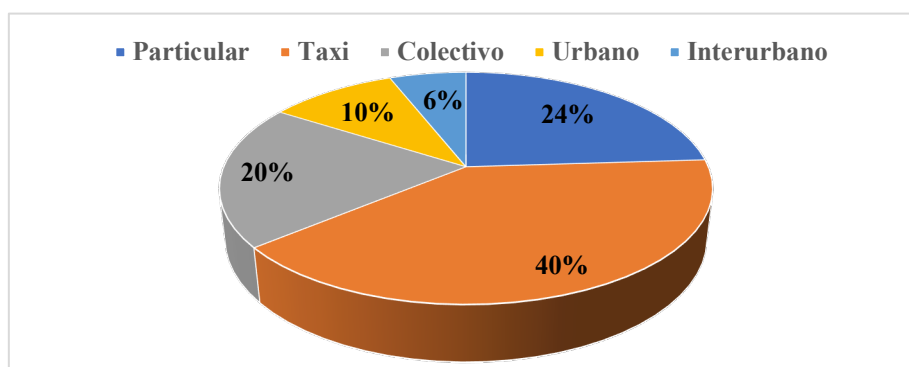
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, de 0 a 5 años es el 23%, 6 a 10 años 30%, 11 a 20 años 37% y mayor a 20 años 10 %, siendo un total de 90 conductores encuestados.

12. Tipo de uso vehicular:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Particular	23	24	24	24
	Taxi	38	40	40	64
	Colectivo	19	20	20	84
	Urbano	10	10	10	94
	Interurbano	6	6	6	100
	Otros	0	0	0	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



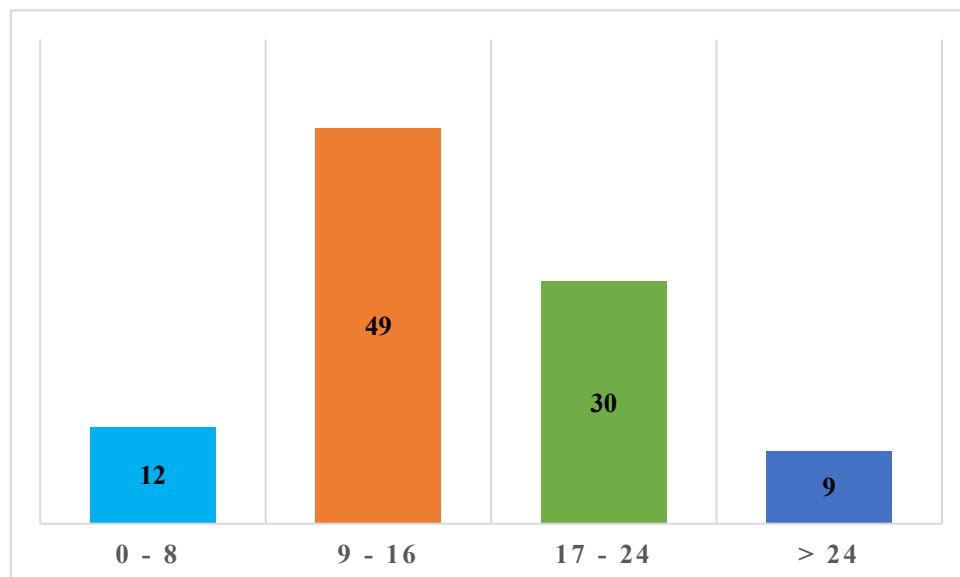
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, el 24% particular, 40% taxi, 20% colectivo, 10% urbano, y un 6% interurbano, siendo un total de 90 conductores encuestados.

13. ¿Con que frecuencia cambia los neumáticos? (meses)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	0 - 8	12	12	12	12
	9 - 16	47	49	49	61
	17 - 24	29	30	30	91
	> 24	9	9	9	100
	Total	96	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los conductores, un 12% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 0 a 8 meses, 49% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 9 a 16 meses, 30% cambian sus neumáticos con frecuencia entre 17 a 24 meses, y un 4% cambian sus neumáticos mayor a 24 meses.

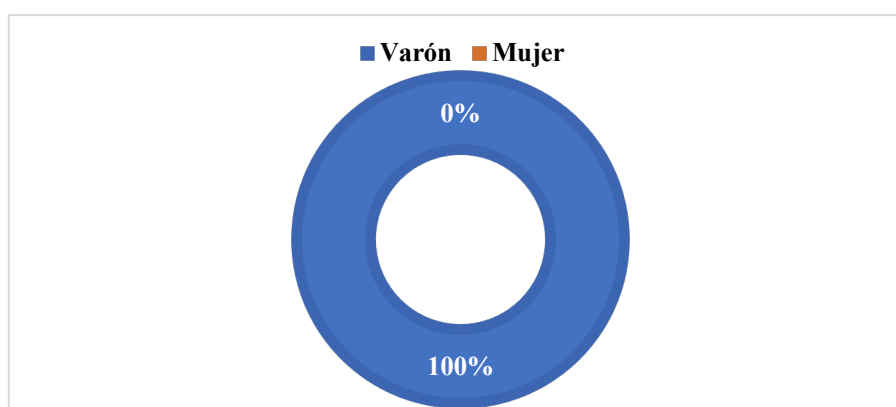
Anexo N° 9: Resultados de las encuestas en vulcanizadoras

ASPECTOS GENERALES

1. Sexo:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Varón	15	17	100	100
	Mujer	0	0	0	
	Total	15	17	100	

Fuente: Elaboración Propia.



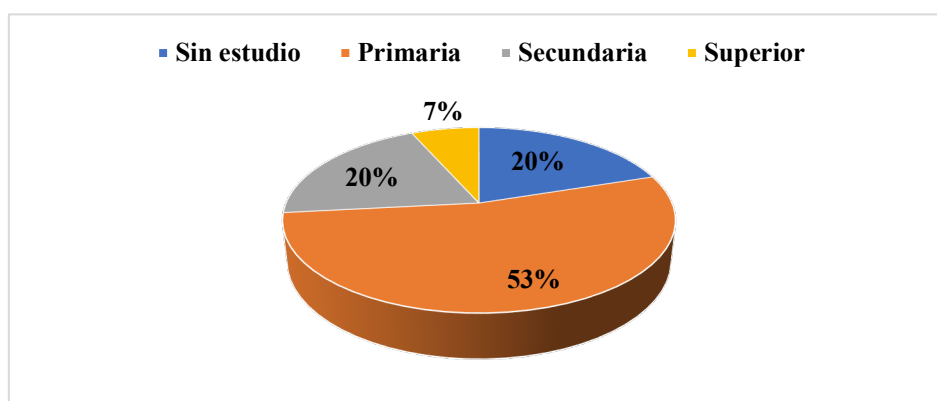
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, existe un 100% de varones, siendo un total de 15 personas encuestadas.

2. Nivel académico:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Sin estudio	3	20	20	20
	Primaria	8	53	53	73
	Secundaria	3	20	20	93
	Superior	1	7	7	100
	Total	15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



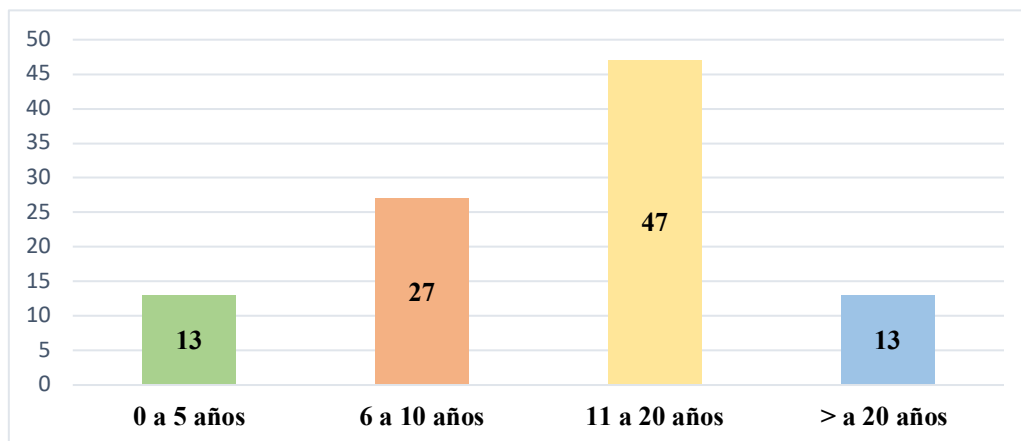
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, el 20% no cuentan con estudios académicos, el 53% con educación primaria, el 20% con educación secundaria y un 7% cuenta con estudios superiores.

3. Años funcionando en el lugar:

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	0 a 5 años	2	13	13	13
	6 a 10 años	4	27	27	40
	11 a 20 años	7	47	47	87
	> a 20 años	2	13	13	100
	Total	15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

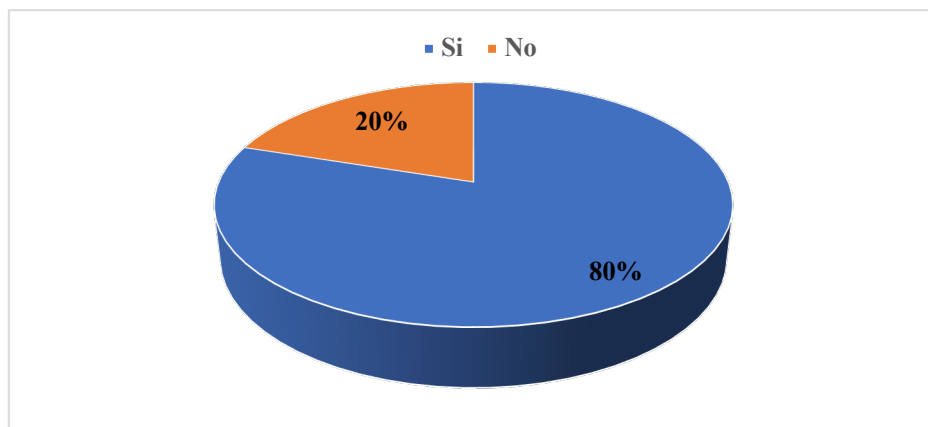
Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, de 0 a 5 años es el 13%, de 6 a 10 años es el 27%, de 11 a 20 años es el 47% y un 13% mayores a 20 años en un total de 15 encuestados.

CONOCIMIENTO AMBIENTAL

4. ¿Sabe que es reciclaje?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	12	80	80	80
	No	3	20	20	100
	Total	15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



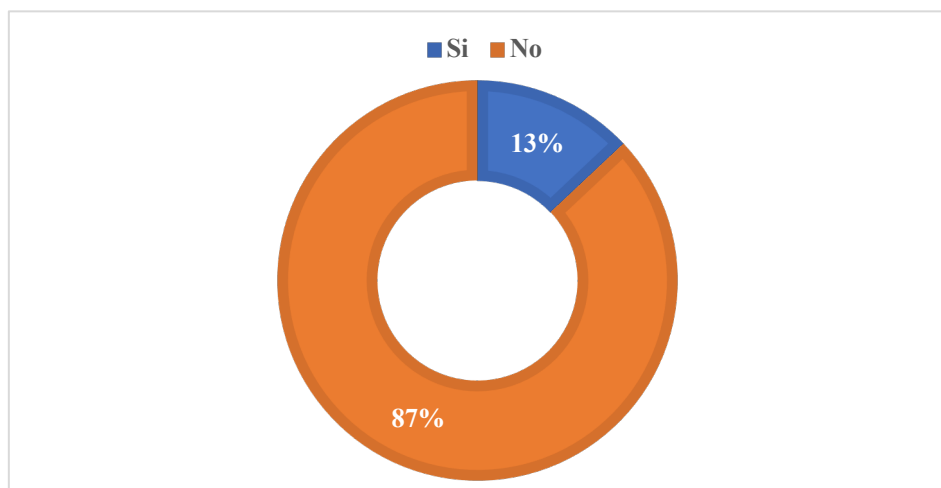
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, el 80% si conoce y el 20% no conoce, a un total de 15 personas encuestadas.

5. ¿Ha oído anteriormente acerca del reciclaje de neumáticos?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	2	13	13	13
	No	13	87	87	100
Total		15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



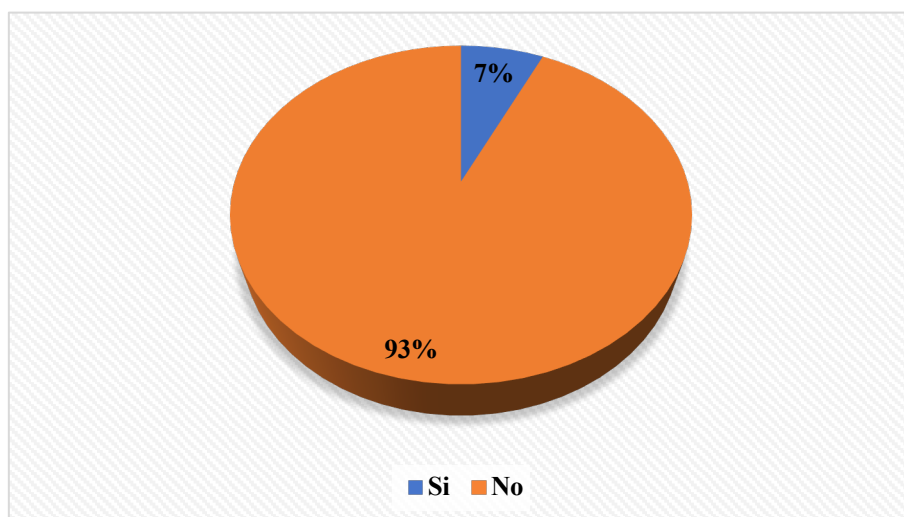
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, el 13% si ha oído a cerca del reciclaje de neumáticos y el 87% no ha oído a cerca del reciclaje de neumáticos, a un total de 15 encuestados.

6. ¿Conoce algún centro de acopio de neumáticos usados?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	1	7	7	7
	No	14	93	93	100
Total		15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



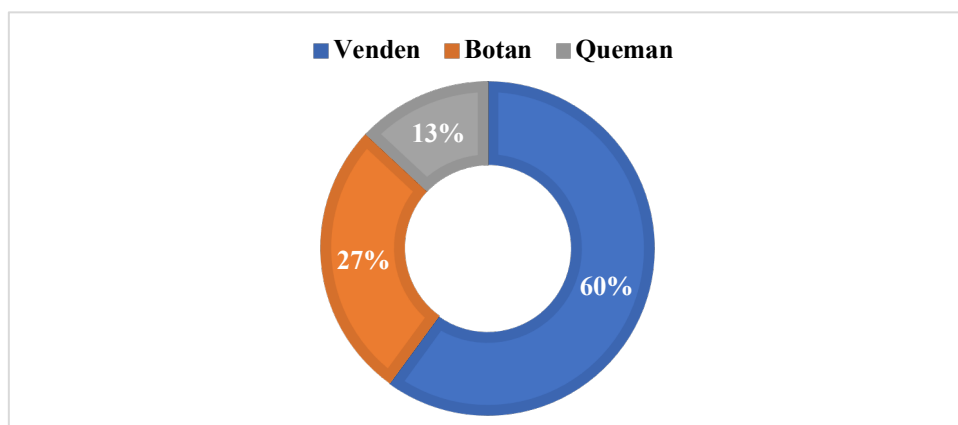
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, el 7% si conoce algún centro de acopio y un 93% no conoce algún centro de acopio.

7. ¿Qué hace con los neumáticos que cambio?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Venden	9	60	60	60
	Botan	4	27	27	87
	Queman	2	13	13	100
	Total	15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



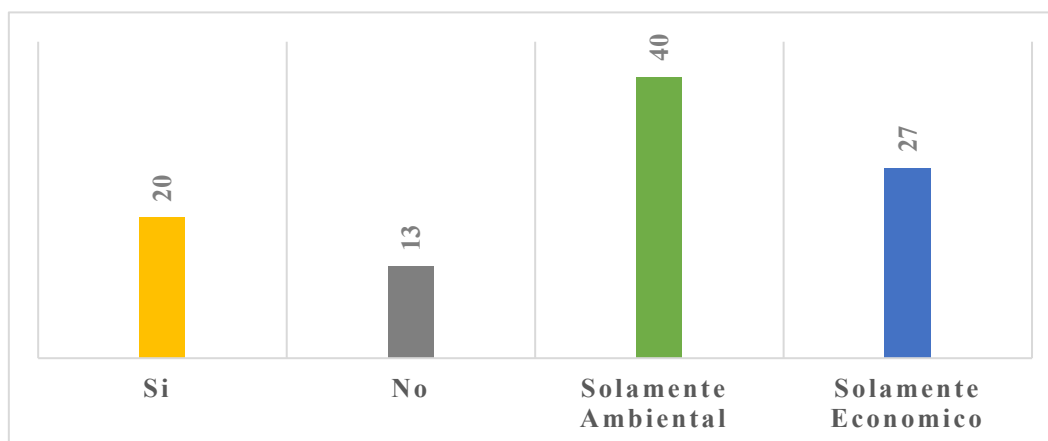
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, el 60%, botan los neumáticos el 27%, y queman los neumáticos el 13%, a un total de 15 encuestados.

8. ¿Cree que reciclar neumáticos tendría algún impacto ambiental como económico?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	3	20	20	20
	No	2	13	13	33
	Solamente Ambiental	6	40	40	73
	Solamente Económico	4	27	27	100
	Total	15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



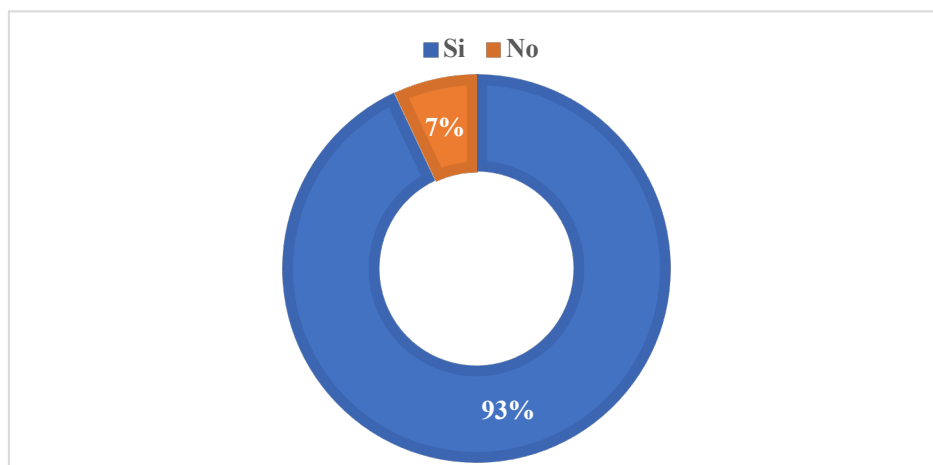
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, el 20% cree que SI, el 13% cree que NO, el 40% cree que Solamente Ambiental, mientras que el 27% cree que Solamente Económico, a 15 encuestados.

9. ¿Cree que la falta de avance tecnológico no permite el reciclaje adecuado?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	14	93	93	93
	No	1	7	7	100
Total		15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

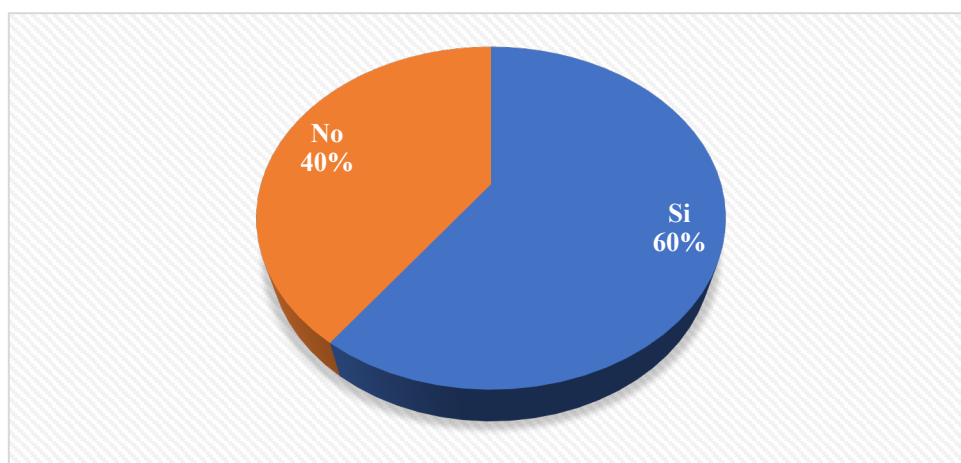
Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, el 93% cree que la falta de avance tecnológico no permite el reciclaje adecuado y un 7% no cree que la falta de avance tecnológico permite el reciclaje adecuado.

CONOCIMIENTO TÉCNICO Y LEGAL

10. ¿La vulcanizadora es formal?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	Si	9	60	60	60
	No	6	40	40	100
Total		15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



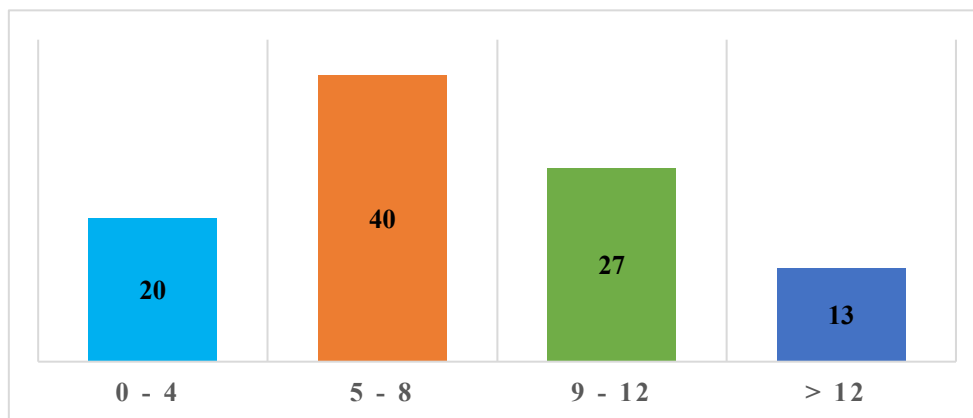
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre los trabajadores de las vulcanizadoras, el 60% son vulcanizadoras formales y mientras que un 40% no son vulcanizadoras formales, siendo un total de 15 encuestados.

11. ¿Cuántos neumáticos cambia al día?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	0 - 4	3	20	20	20
	5 - 8	6	40	40	60
	9 - 12	4	27	27	87
	> 12	2	13	13	100
Total		15	100	100	

Fuente: Elaboración Propia.



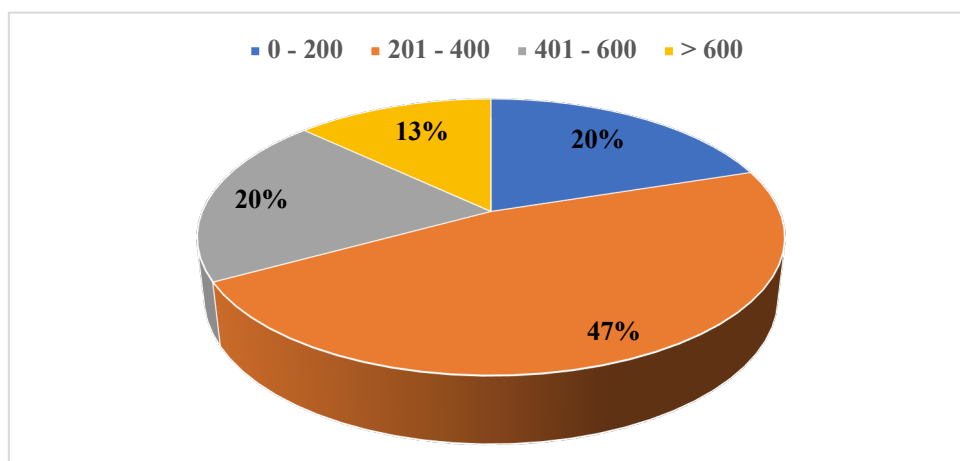
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró entre las vulcanizadoras, un 20% cambian entre 0 a 4 neumáticos, un 40% cambian entre 5 a 8 neumáticos, un 27% cambian entre 9 a 12 neumáticos y un 13% cambia más de 12 neumáticos.

12. ¿Cuántos neumáticos hay en la vulcanizadora?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Validos	0 - 200	3	20	20	20
	201 - 400	7	47	47	67
	401 - 600	3	20	20	87
	> 600	2	13	13	100
Total		15	100	100	

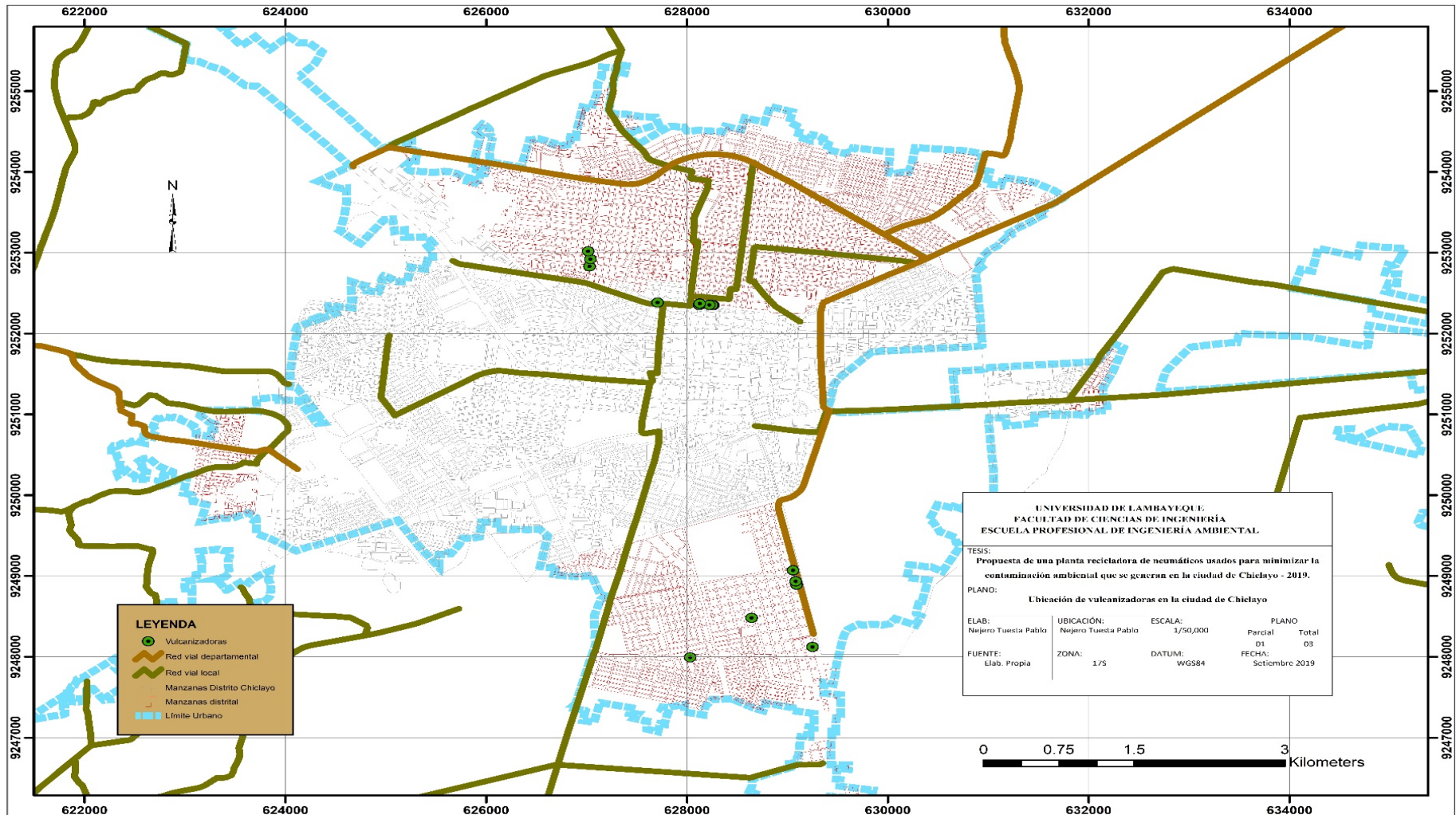
Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se registró en las vulcanizadoras, el 20% de las vulcanizadoras tienen de 0 a 200 neumáticos, el 47% de 201 a 400 neumáticos, el 20% de 401 a 600 neumáticos y mayores a 600 neumáticos el 13%.

Anexo N° 10: Ubicación de las vulcanizadoras en la ciudad de Chiclayo



Anexo N° 11: Encuestas a choferes



Anexo N° 12: Encuestas en vulcanizadoras

